

СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

Факультет інженерії

Кафедра електричної інженерії

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної магістерської роботи
освітньо-кваліфікаційного рівня магістр

галузі знань 14 електрична інженерія

зі спеціальності 141 електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка

на тему: Дослідження впровадження енергозбереження для підприємств
харчової промисловості

Виконав:

студент групи ЕСЕ-19зм

Сименюк С. О.

(прізвище, та ініціали)

(підпис)

Керівник

доц. Філімоненко Н. М.

(прізвище, та ініціали)

(підпис)

В. о. завідувача кафедри

доц. Руднєв Є. С.

(прізвище, та ініціали)

(підпис)

Рецензент

(прізвище, та ініціали)

(підпис)

Северодонецьк, 2021 р.

СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

Факультет інженерії
Кафедра електричної інженерії
Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр
Напрямок підготовки 14 «Електрична інженерія»
Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

в. о. завідувача кафедри
доц. Руднев Є. С.

« _____ » _____ 2020 року

З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКИЙ ПРОЕКТ СТУДЕНТУ

Сименюку Сергію Олександровичу

1. Тема проекту Дослідження впровадження енергозбереження для підприємств харчової промисловості

Спец. завдання Обґрунтування вибору схеми ГЗП.

Керівник проекту доц. Філімоненко Ніна Миколаївна, доц., к.т.н.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “09”жовтня 2020 року 144/15.26

2. Строк подання студентом проекту 10 січня 2021 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи)

Вихідні дані визначені в переліку питань, що підлягають розробці в магістерській роботі

4.Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Аналіз енергозбереження та енергоефективності. 2. Проблема енергоефективності в національній економіці. 3. Розрахунок електричних навантажень підприємства харчової промисловості. 4. Розрахунок навантаження підприємства. 5. Вибір енергозберігаючих трансформаторів. 6. Методика розрахунку енергоефективності енергозберігаючих трансформаторів. Обґрунтування вибору схеми ГЗП.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслеників)

Плакати, що пояснюють суть магістерської роботи, в кількості 4 шт.

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1 – 3	доц. Філімоненко Н. М.		

7. Дата видачі завдання _____ 12 лютого 2018 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проектування	Строк виконання етапів	Примітка
1.	Літературний огляд. Аналіз енергозбереження та енергоефективності.	12.11-30.11.2020	
2.	Проблема енергоефективності в національній економіці. Розрахунок електричних навантажень підприємства харчової промисловості.	30.11-10.12.2020	
3.	Розрахунок навантаження підприємства.	05.12-20.12.2020	
4.	Обґрунтування вибору схеми ГЗП.	20.12-30.12.2020	
5.	Методика розрахунку енергоефективності енергозберігаючих трансформаторів. Вибір енергозберігаючих трансформаторів	01.12-12.12.2020	
6.	Висновки	13.12-30.12.2020	
7.	Оформлення магістерської роботи	31.12.2020-12.01.2021	

Студент _____

(підпис)

Сименюк С. О.

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту _____

(підпис)

доц. Філімоненко Н. М.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Магістерська робота на тему: «Дослідження впровадження енергозбереження для підприємств харчової промисловості» містить 81 сторінки тексту, 13 рисунків, 14 таблиць, 39 найменувань літературних посилань.

В роботі проведено порівняльний аналіз існуючих досліджень із заявленої теми, щодо ідеології економії електроенергії. Доведено, що на практиці для успішного вирішення проблем енергозбереження необхідний комплексний підхід.

Для вирішення цього завдання виконано заходи з енергозбереження при реконструкції підприємства харчової промисловості за рахунок вибору оптимальної конструкції енергозберігаючого трансформатора. Зроблено розрахунок електричних навантажень підприємства харчової промисловості та здійснений вибір енергозберігаючих трансформаторів та здійснено обґрунтування цього вибору.

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ, ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ, ЕЛЕКТРИЧНЕ НАВАНТАЖЕННЯ, ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ, КОРОТКЕ ЗАМИКАННЯ, ХОЛОСТИЙ ХІД, ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИЙ ТРАНСФОРМАТОР, НАДІЙНІСТЬ СИСТЕМИ.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ	11
1.1 Аналіз енергозберігаючих заходів в європейських країнах	11
1.2 Проблема енергоефективності в національній економіці	31
1.3 Аналіз втрат у трансформаторах	38
РОЗДІЛ 2 РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ПІДПРИЄМСТВА ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ	45
2.1 Розрахунок освітлювального навантаження підприємства	46
2.2 Розрахунок навантаження підприємства	47
РОЗДІЛ 3 ВИБІР ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ	52
3.1 Обґрунтування вибору схеми ГЗП	52
3.2 Методика розрахунку енергоефективності енергозберігаючих трансформаторів	57
3.3 Розрахунок енергоефективності енергозберігаючого трансформатора АВВ EcoDry потужністю 630 кВА	62
3.4 Розрахунок енергоефективності енергозберігаючого трансформатора Zhongreg потужністю 630 кВА	64
3.5 Розрахунок енергоефективності енергозберігаючого трансформатора ТМГ12 потужністю 630 кВА виробництва ПАТ “УКРЕЛЕКТРОАПАРАТ”	66
ВИСНОВКИ	74
ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРНИХ ПОСИЛАНЬ	76
ABSTRACT	81

ВСТУП

Енергозбереження – це комплексна багатоцільова і довгострокова проблема, яка повинна вирішуватися такими методами, щоб зацікавити підприємства в зниженні та раціональному витрачанні паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР). Питання стосується не тільки держави, а й кожного виробника та споживача палива й електроенергії. Економічний інтерес, який базується на взаємовигоді в ринкових умовах – головна вимога, що є в основі вирішення цієї проблеми.

Старт першого етапу сучасної історії енергозбереження (1973-1991 роки) пов'язаний з черговим арабо-ізраїльським конфліктом, нафтовим ембарго і різким зростанням цін на нафту і газ [2].

На основі всіх досліджень була розроблена цілісна ідеологія економії енергії. Практика показала з усією очевидністю, що для успішного вирішення проблем енергозбереження необхідний комплексний підхід до вирішення цього завдання: поліпшення якогось одного, окремо взятого елемента не дозволить кардинально знизити енергоспоживання, а часом навіть може привести і до дискредитації самої ідеї енергозбереження.

Важливою подією стало і створення великих дослідних центрів в Європі і США, а також дуже динамічних і мобільних команд фахівців, які стали причиною значних успіхів в галузі енергозбереження в наступні роки. Зокрема, в складі знаменитої Lawrence Berkeley National Laboratory був організований відділ з енергозбереження в будівництві, який і став одним з "законодавців мод" у цій галузі.

Справа в тому, що за 80-ті роки було досягнуто значного прогресу в нових технологіях, визначених як пріоритетні на першому етапі. І ці напрацювання стали активно впроваджуватися в практику. Саме в цей період стали широко використовуватися теплові насоси, а вітрові генератори стали

абсолютно буденними пристроями в Європі, Японії та США. З'явилися також сучасні і дуже конкурентоспроможні сонячні елементи, фахівці повсюдно взялися за будівництво енергоефективних будівель (так званих «пасивних» будинків і будинків з нульовим споживанням енергії), вперше масово почали займатися санацією будівель старого спорудження для доведення їх до сучасних вимог з енергозбереження.

Практично одночасно з виникненням нової енергетичної кризи в США з'явився перший в історії комплексний документ - EnergyAct 1992 року, який визначив основні проблеми в енергозбереженні та напрямки їх вирішення.

Через кілька років після виходу американського документа в програмі енергозбереження був зроблений наступний важливий крок - на цей раз у Німеччині.

Саме на другому етапі сучасної історії енергозбереження було розпочато реалізацію більшості проектів «пасивних» будинків і селищ, а також остаточно сформувалося розуміння необхідності комплексної оцінки будівель і ефективності енергозберігаючих технологій.

В кінці минулого століття використання в розвинених (та й у багатьох країнах, що розвиваються) країнах нетрадиційних і альтернативних джерел енергії - за рахунок застосування теплових насосів, вітрових генераторів, сонячних колекторів і сонячних батарей, багатьох інших пристроїв - стало в масовому будівництві абсолютно буденною справою.

Основні причини, які змусили розвинені країни серйозно взятися в останні роки за вирішення проблеми енергозбереження, такі:

- обмеженість і конечність викопної сировини (нафта, вугілля, газ, уран, інше);
- зростаючий світовий попит на енергію за рахунок постійного зростання економіки, промисловості та добробуту населення;
- глобальні зміни клімату через збільшення емісії парникових газів;
- непередбачувані коливання цін на вуглеводи;

- активна "атоомфобія" у багатьох країнах Західної Європи та боротьба "зелених" проти атомної енергетики, ще більш загострилися після землетрусу в Японії і аварії на АЕС Фукусіма в березні 2011 року.

У процесі дослідження використовувалися статистичні матеріали, а також розрахунки і дані навантажень промислового підприємства, розрахована і проаналізована енергоефективність на даному промисловому підприємстві від впроваджених енергозберігаючих заходів.

Стосовно сьогодення в Україні, аналіз виявляє, що в заводській практиці, кажучи про промисловість, підхід до енергозбереження залежав, по-перше, від власника підприємства, а по-друге, від галузі. Загалом, на рівні держави все залежить від прийняття відповідних законів і програм. Так, наприклад, на підприємствах чорної та кольорової металургії питанням енергозбереження завжди приділялась і приділяється велика увага. В той же час, на заводах суміжній галузі – машинобудування – питання енергозбереження, зазвичай, відносяться виключно до сфери діяльності головного енергетика і, навіть, не входять до переліку стратегічних напрямків розвитку підприємства [1].

Природно, ставлення топ-менеджменту підприємства до енергозбереження спирається тільки на те, яку частку витрати на енергетичні ресурси займають в собівартості продукції.

В даний час проблеми сталого розвитку економічних систем на рівні підприємств, регіонів, окремих галузей і національної економіки в цілому, є темою наукових досліджень. Своєчасність вирішення проблем сталого розвитку зросла в сучасних умовах, що характеризуються прискоренням процесу змін і наростанням невизначеності, як всередині економічних систем, так і в зовнішньому середовищі. Разом з тим, до теперішнього часу недостатньо дослідженими залишаються інструменти та механізми забезпечення сталого зростання. Такий стан, багато в чому, обумовлено різноманіттям підходів до визначення змісту поняття сталого розвитку.

Сталий розвиток економіки являє собою такий різновид її еволюції, яка характеризується прогресивною спрямованістю і наявністю запасу стійкості, що не допускає передчасного руйнування системи. Визначення поняття «сталий розвиток», дане різними авторами, часто містять опис характеристик прогресивної спрямованості змін в системі [2].

Як чинники стійкого розвитку підприємства, можуть бути виділені інструменти підвищення ефективності використання виробничих ресурсів – засобів і предметів праці, а також праці як такої. Для енергоємних підприємств значимість енергозбереження – важливого фактора їх сталого розвитку, зростає. Різноманіття напрямків використання енергоресурсів визначає актуальність проблеми енергозбереження на різних рівнях національної економіки. В даний момент, активне впровадження енергозберігаючих заходів розглядається в якості однієї з основних глобальних завдань в силу здебільше не відновлюваного характеру енергетичних ресурсів і негативного впливу, що здійснюється виробниками електроенергії на навколишнє середовище.

Крім того, необхідність впровадження енергозберігаючих заходів в нашій країні також обумовлена більш високою енергоємністю валового внутрішнього продукту України у порівнянні з розвиненими зарубіжними країнами світу.

Актуальність теми полягає в тому, що однією з визначальних умов зниження витрат на промислових підприємствах і підвищення економічної ефективності виробництва в цілому, є раціональне використання енергетичних ресурсів. Разом з тим, енергозберігаючий шлях розвитку вітчизняної економіки можливий тільки при формуванні та подальшій реалізації програм енергозбереження на окремих підприємствах, для чого необхідне створення відповідної методологічної та методичної бази. Відкладання реалізації енергозберігаючих заходів завдає значних економічних збитків підприємствам і негативно відбивається на загальній екологічній та соціально-економічній ситуації. Крім цього, подальше

зростання витрат у промисловості та інших галузях народного господарства супроводжується зростанням дефіциту фінансових ресурсів, що затримує оновлення виробничої бази підприємств відповідно до досягнень науково-технічного прогресу.

Виходячи з цього **мета дослідження полягає** в проведенні заходів з енергозбереження при реконструкції підприємства харчової промисловості за рахунок вибору оптимальної конструкції енергозберігаючого трансформатора.

Завдання дослідження передбачає вирішення наступних задач:

- 1) теоретично обґрунтувати об'єктивну необхідність розвитку енергозбереження на промислових підприємствах за рахунок застосування енергозберігаючих трансформаторів;
- 2) зробити вибір енергозберігаючих трансформаторів для енергопостачання підприємства харчової промисловості;
- 3) пошук додаткових засобів підвищення енергоефективності.

Об'єктом дослідження є режими процесів електроспоживання на промисловому підприємстві.

Предмет дослідження – дослідження способів підвищення енергоефективності в мережах електроспоживання промислового підприємства харчової промисловості.

В процесі виконання магістерської роботи були використані наступні **методи дослідження**: математична статистика, теорія електричних та магнітних кіл, методи розрахунку електричних мереж і трансформаторів, теорія порівняльних експертних оцінок.

Структура роботи складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних літературних посилань.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ І ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ

1.1 Аналіз енергозберігаючих заходів в європейських країнах

Проблема енергозбереження актуальна для всіх цивілізованих країн світу. Кожна країна шукає свої шляхи вирішення, але точок дотику в процесі пошуку чимало. Ефективна формула енергозбереження в європейських країнах – це правильне поєднання законодавчої політики та економічних важелів, таких як: державні субсидії, оподаткування, оптимізація структури тарифів на енергоносії. Такі країни-лідери енергозбереження як Данія, Голландія, Німеччина, Швеція, Франція можуть стати прикладом для всього іншого світу в сфері ефективного використання енергії.

Країни Європи не можуть розраховувати на високий енергетичний потенціал і великі запаси природних ресурсів, тому політика енергозбереження та підвищення енергетичної ефективності почалася в цих країнах уже декілька десятиліть тому.

Німеччина – одна з провідних країн в питаннях енергозбереження, активно використовує сучасні технології та відновлювальні енергії. За даними 2015 року, більш чим третину всієї електроенергії отримують від встановлених по всій країні вітрогенераторів. Місто Берлін заощаджує за рахунок альтернативних джерел енергії. Басейни, дахи громадських будівель та приватних будинків оснащеними сонячними батареями, а з 2007 року адміністративні органи влади можуть закуповувати, для своїх потреб, автомобілі які споживають в місті не більше 6,5 л бензину на 100 км пробігу.

Це правило стосується техніки, що закуповується – вона повинна мати якнайменше споживання електрики.

У Франції головну роль грає переробка відходів. В теперішній час провідне місце в політиці належить поновлюваним джерелам енергії, які стали пріоритетними для країни: біопаливо, сонячна та вітряна енергія, гідроелектростанції, які є пріоритетними в найближчих планах для Франції. Крім того, країна бере активну участь в інноваційному проекті в сфері енергетики. Суть проекту полягає в будівництві експериментального термоядерного реактора, здатного виробляти майже необмежену кількість енергії при мінімальному забрудненні навколишнього середовища. Нова екологічна політика Франції – підтримання існуючого рівня добробуту, використовуючи при цьому в чотири рази менше енергії і сировини [2].

Поряд із розвитком відновлюваних джерел електроенергії та застосуванням енергозберігаючих технологій у будівництві та промисловості широко впроваджуються енергозберігаючі технології в електроенергетиці та, зокрема, в електропостачанні. Наприклад, загальне чисельне вираження ресурсу енергозбереження в Європейському Союзі при застосуванні енергозберігаючих трансформаторів складає близько 22 млрд. кВт·год на рік, що в цінах 1999 року становить близько 1,171 млрд. євро в грошовому вираженні. Незважаючи на ефективність окремих установок, в цілому втрати в розподільних трансформаторах складають 2% від всієї виробленої електроенергії, або третину всіх втрат взагалі. Потенціал енергозбереження в області розподільних трансформаторів можна порівняти з потенціалом заощадження в електроприводі (електродвигунах) і побутових електроприладах.

Для оцінки розміру втрат досить сказати, що їх можна порівняти з річним споживанням електроенергії 5,1 млн. будинків або річним виробництвом трьох найбільших європейських вугільних ГРЕС.

Через довгий життєвий цикл розподільних трансформаторів, оновлення відбувається досить повільно, але навіть при цьому до 2015 року очікується

ефект енергозбереження в розмірі 10,3 млрд. кВт·год. за рахунок застосування нових енергозберігаючих моделей.

Прикладом активної політики в галузі енергозбереження щодо зниження непродуктивних втрат в трансформаторах можна вважати США, де такі організації, як Міністерство енергетики (DOE) і Агентство з охорони навколишнього середовища (US EPA), системно взаємодіють з енергетичними компаніями, поширюють інформацію та відповідне математичне забезпечення.

Одним з природних перешкод на шляху широкого та швидкого впровадження енергозберігаючих моделей розподільних трансформаторів є високо конкурентний ринок. При цьому відмічено, що професійні учасники ринку, зазвичай, сприйнятливі до раціональної аргументації при наявності точного економічного розрахунку й достовірних методик вимірювання та оцінки параметрів конкретних моделей трансформаторів.

Сучасна технічна концепція енергопостачання спирається на інженерні ідеї та теорію кінця XIX століття, що завбачає принципи виробництва змінного струму, його споживання електроприводом, перетворення за допомогою трансформаторів, мережі високої й низької напруги, та принципу паралельного, а не послідовного підключення кінцевого споживача. Ці основні принципи дозволили створити розвинені системи енергопостачання, як у Європі, так і в цілому розвинутому світі. Подальший розвиток технічної думки додав в цю схему високопродуктивні, але ж віддалені на значну відстань від споживачів електростанції.

На частку спеціалізованих компаній по виробництву енергії припадає до 90% усієї вироблюваної в Європі електроенергії. Їх загальна кількість наближається до 2 тис. Неспеціалізовані компанії виробляють решту 10% в якості побічного продукту або для власних потреб – залізничний транспорт, метро, трамвайні оператори, великі підприємства хімічної промисловості, нафтогазової галузі та металургії, хоча частину енергії вони можуть набувати. Всі вони мають власні мережі розподілу, а гірничодобувні компанії

до того ж ще й мають підземні. Вироблення електроенергії для власних потреб безпосередньо біля місця споживання ґрунтується на доступності газоподібного палива та зростає високими темпами: є підстави вважати, що в найближчому майбутньому частка складе вже не 10, а всі 20% від усієї виробленої в Європі електроенергії. Загальні генераційні потужності в Європі, які представлені в табл. 1.1, становлять 535 млн. кВт, при цьому на частку Франції і Німеччини припадає 35%. Очікується, що в період до 2015 року до цих потужностей додасться ще близько 80 млн. кВт, а близько 20 млн. кВт буде ліквідовано [3].

Попит на електроенергію в Європі становить близько 2 500 млрд. кВт·г на рік. На частку чотирьох країн (Німеччина, Франція, Італія і Великобританія) припадає 2/3 загального попиту споживання електроенергії наведено в табл. 1.2. Незважаючи на те, що попит різко зростає в 60-е і 70-е роки, до теперішнього часу темпи його зростання значно знизилися.

На сьогоднішній день темпи щорічного зростання попиту на електроенергію в Європі становлять близько 1,7% проти, наприклад, 4,3% в 70-х або 2,7% в 80-х роках. Зрозуміло, достовірно передбачити зміна темпів зростання неможливо, але об'єднання компаній виробників і розподільників електроенергії (UNIPEDDE) вважає, що в найближчі 15 років ця величина буде мало відрізнятися від згаданих 1,7%.

Більше 40% загальних втрат в енергосистемах (виключаючи споживачів) припадає на розподільні трансформатори. Решта припадає на кабелі і ЛЕП.

Сучасні розподільчі мережі дуже складні. Трансформатори можуть перебувати або під повним навантаженням весь рік, або, навпаки, майже ненавантаженими, виконуючи резервну роль або через прорахунку в плануванні попиту. При проектуванні розподільчої мережі розраховуються різні фактори: оптимізація навантаження просторова, за часом доби і сезонів, необхідність дублювання і, навпаки, обхідних шляхів на випадок непередбачених обставин. Рішення завдання по оптимізації ускладнюється

тим, що не всі змінні величини є достовірними на момент проектування, а також тим, що зміна існуючої інфраструктури може виявитися надзвичайно дорогим. Однак сучасні технології управління мережами включають навіть

Таблиця 1.1

Генераційні потужності ЄС, МВт

Тип джерела	1980	1990	1995	1996	2000	2005	2010	2015
Ядерний	40 106	114 837	119 581	120 710	122 427	121 062	119 232	117 402
Разом	40 106	114 837	119 581	120 710	122 427	121 062	119 232	117 402
Викопні види палива								
Вугілля	101 847	117 090	115 132	114 638	110 928	103 032	107 552	112 072
Буре вугілля	17 743	18 535	30 226	27 442	28 647	28 993	30 332	31 671
Мазут	76 309	59 507	53 339	51 970	36 023	33 870	27 785	21 673
Природний газ	33 529	43 302	63 850	73 991	105 230	116 890	134 574	152 258
Попутний газ	3 500	2 314	2 695	2 756	5 178	4 455	4 378	4 298
Разом	232 928	240 747	265 242	270 797	286 006	287 240	304 620	321 972
Гідроресурси								
Гравітаційний (природний стік)	67 846	76 902	80 064	80 387	82 985	84 225	86 755	89 285
З попереднім підйомом змішаний тип	20 284	32 303	34 586	34 597	34 909	36 109	37 290	38 471
Разом	88 130	109 205	114 649	114 983	117 893	120 334	124 045	127 756
Інші джерела енергії, що відновлюються	1 830	4 602	6 734	6 815	13 958	20 561	25 747	32 183
Газові турбіни, дизель-генератори тощо	12 922	17 297	21 208	21 632	20 824	21 306	24 067	26 828
Інші	6 186	7 865	6 579	9 335	12 330	18 547	22 054	25 561
Разом	20 938	29 764	34 521	27 782	47 112	60 414	71 868	84 572
Усього	382 102	494 553	533 993	544 272	573 438	589 050	619 765	651 702

такий захід, як періодичне тимчасове переміщення розподільних трансформаторів на інші ділянки мережі при зміні навантажень або експлуатація в режимі перевантаження, що не може не позначитися на величинах втрат.

Попит на електроенергію в Європі становить близько 2 500 млрд. кВт·г на рік. На частку чотирьох країн (Німеччина, Франція, Італія і Великобританія) припадає 2/3 загального попиту споживання електроенергії наведено в табл. 1.2. Незважаючи на те, що попит різко зростає в 60-і та 70-е роки, до теперішнього часу темпи його зростання значно знизилися.

На сьогоднішній день темпи щорічного зростання попиту на електроенергію в Європі становлять близько 1,7% проти, наприклад, 4,3% в 70-х або 2,7% в 80-х роках. Зрозуміло, достовірно передбачити зміна темпів зростання неможливо, але об'єднання компаній виробників і розподільників електроенергії (UNIPEDDE) вважає, що в найближчі 15 років ця величина буде мало відрізнятися від згаданих 1,7%.

Більше 40% загальних втрат в енергосистемах (виключаючи споживачів) припадає на розподільні трансформатори. Решта припадає на кабелі і ЛЕП.

Сучасні розподільчі мережі дуже складні. Трансформатори можуть перебувати або під повним навантаженням весь рік, або, навпаки, майже ненавантаженими, виконуючи резервну роль або через прорахунку в плануванні попиту. При проектуванні розподільчої мережі розраховуються різні фактори: оптимізація навантаження просторова, за часом доби і сезонів, необхідність дублювання і, навпаки, обхідних шляхів на випадок непередбачених обставин. Рішення завдання по оптимізації ускладнюється тим, що не всі змінні величини є достовірними на момент проектування, а також тим, що зміна існуючої інфраструктури може виявитися надзвичайно дорогим. Однак сучасні технології управління мережами включають навіть такий захід, як періодичне тимчасове переміщення розподільних

трансформаторів на інші ділянки мережі при зміні навантажень або експлуатація в режимі перевантаження, що не може не позначитися на величинах втрат.

На частку компаній - виробників електроенергії припадає близько 70% від загального числа як існуючих, так і знову закуповуваних, розподільних трансформаторів. При цьому їм же належить переважна частина (за вартістю і потужністю) виробничих і транспортних активів. Решта 30% розподільних трансформаторів належить регіональним або місцевим розподільним компаніям, місцевій владі, кооперативам і промисловим підприємствам.

Загальна кількість розподільних трансформаторів в Європі перевищує 4 млн. штук, як показано на рис. 1.1 і у табл. 1.3. Але при цьому на 30% (за кількістю) розподільних трансформаторів, які не належать генераційним компаніям, доводиться 50% від їх загальної потужності, оскільки параметри їх потужності, як правило, трохи вищі.

Повоєнне покоління розподільних трансформаторів, через відсутність рухомих частин, показало високу життєздатність. Хоча проектні терміни експлуатації становили близько 20-30 років, фактично багато трансформаторів безвідмовно служили набагато довше.

Однією з причин довголіття розподільних трансформаторів, встановлених в 60-х роках є те, що компанії, в умовах тенденції зростання попиту, встановлювали надмірну кількість трансформаторів, через що вони тривалий час працювали в режимах малих навантажень.

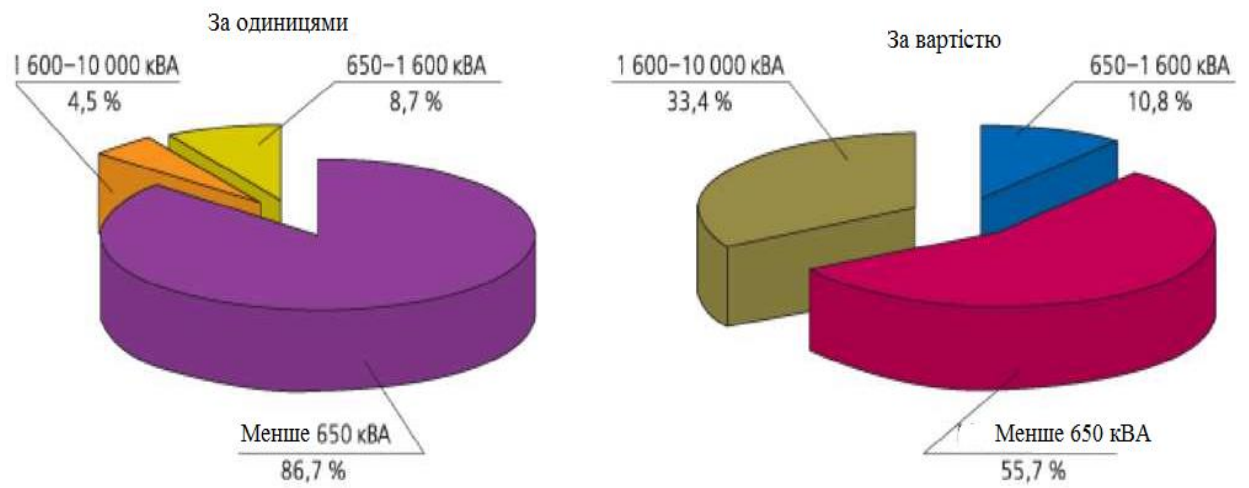


Рис. 1.1. Виробництво розподільчих трансформаторів у Європі

Таблиця 1.2

Споживання електроенергії у 1980-2015 роках ЄС, кВт·год

Держави	Фактичне				Прогноз				Щорічний приріст, %							
	1980	1990	1995	1996	2000	2005	2010	2015	1980 1990	1990 1995	1995 1996	1996 2000	2000 2005	2005 2010	1996 2010	2010 2015
Австрія	36,3	46,9	51,0	52,3	56,6	62,1	67,3	72,5	2,60	1,69	2,55	1,99	1,87	1,62	1,82	1,37
Бельгія	47,7	62,6	73,5	75,3	81,2	89,0	94,5	100,0	2,76	3,26	2,45	1,90	1,85	1,21	1,64	2,76
Німеччина	351,0	415,0	493,0	500,0	512,0	531,0	547,0	351,0	1,69	3,50	1,42	0,59	0,73	0,60	0,64	1,69
Данія	23,9	30,8	33,7	34,8	35,8	36,8	37,7	23,9	2,57	1,82	3,26	0,71	0,55	0,48	0,57	2,57
Іспанія	102,0	145,4	164,0	169,0	188,2	218,2	246,7	102,0	3,61	2,44	3,05	2,73	3,00	2,49	2,74	3,61
Фінляндія	39,9	62,3	69,0	70,1	78,0	85,4	92,1	39,9	4,56	2,06	1,59	2,71	1,83	1,52	1,97	4,56
Франція	248,7	349,5	397,3	415,2	444,0	479,0	516,0	248,7	3,46	2,60	4,51	1,69	1,53	1,50	1,56	3,46
Греція	21,9	32,5	38,8	40,5	47,2	54,2	63,4	21,9	4,03	3,61	4,38	3,90	32,80	3,19	3,25	4,03
Ірландія	9,5	13,0	16,4	17,6	21,7	26,8	32,1	9,5	3,19	4,76	7,32	5,37	4,31	3,68	4,39	3,19
Італія	179,5	235,1	261,0	262,9	296,0	330,0	360,0	179,5	2,74	2,11	0,73	3,01	2,20	1,76	2,27	2,74
Люксембург	3,7	4,4	5,1	5,1	5,6	5,9	6,3	3,7	1,75	3,00	0,00	2,37	1,05	1,32	1,52	1,75
Голландія	59,7	78,0	89,6	93,5	101,2	110,9	121,5	59,7	2,71	2,81	4,35	2,00	1,85	1,84	1,89	2,71
Португалія	15,3	25,1	29,3	30,9	36,5	42,8	49,0	15,3	5,07	3,14	5,46	4,25	3,24	2,74	3,35	5,07
Швеція	94,1	139,9	142,4	142,7	145,5	147,8	152,3	94,1	4,05	0,35	0,21	0,49	0,31	0,60	0,47	4,05
Великобри- танія	264,8	309,4	330,7	343,9	360,8	393,0	425,7	264,8	1,57	1,34	3,99	1,21	1,72	1,61	1,54	1,57
15 держав ЄС разом	1 498	1 950	2 195	2 254	2 410	2 613	2 812	1 498	2,67	2,39	2,69	1,69	1,63	1,48	1,59	2,67

Таблиця 1.3

Кількість розподільчих трансформаторів у Європі

Категорія	Номинал напруги,кВ	Кількість	Сумарна потужність, ГВ*А
З рідинним охолодженням, менше 250 кВА	20,10	2 000 000	1 600
З рідинним охолодженням, 250 кВА і більше	20,10	1 600 000	
Сухого типу	20,10	400 000	

Повної картини з відмов розподільних трансформаторів в Європі не існує. У цій області проводилося кілька великомасштабних досліджень, які не претендують на повну репрезентативність, але тим не менш дозволяють зробити певну оцінку. Так, дослідження 1983 року, засноване на вибірці обсягом 47 000 трансформаторів у 13 європейських країнах, дозволило зробити висновок, що середній термін служби розподільного трансформатора до поломки становить 50 років. Основними причинами поломки є недоліки конструкції, дефекти матеріалу або виготовлення. Головним чином відмови стосуються обмоток і електроз'єднань.

За даними іншого дослідження, рівень відмов розподільних трансформаторів складає 0,2% від загального числа в рік. Серед причин, що спонукали власників до заміни формально справних трансформаторів, називаються недопустимий рівень шуму, несумісність з новим поколінням електроарматури – причому саме ці причини спонукають власників до заміни трансформаторів частіше, ніж відмови.

На сьогоднішній день десятки тисяч продаваних силових розподільних трансформаторів (I-III габариту), як нових, так і видаються за нові, за технічними даними, представленим у технічній документації неможливо

відрізнити один від одного. Така ситуація склалася у зв'язку з тим, що ГОСТ 11920-85 "Трансформатори силові масляні загального призначення напругою до 35 кВ включно" регламентує втрати в трансформаторах, починаючи з потужності 1000 кВА, і то лише для трансформаторів 1000/35 або для трансформаторів ТМС-1000/10 для власних потреб електростанцій. В результаті, якщо в паспорті на трансформатор, наприклад, ТМ-1000/10 буде вказано, що втрати холостого ходу не перевищують потужність 2200 Вт, а втрати КЗ не перевищують 12 200 Вт, то даний трансформатор технічно еквівалентний новому, навіть якщо він був випущений 15 років тому і піддавався ремонту.

Ускладнює вибір якісного обладнання і конкуренція, яка загострилася, на ринку силових розподільних трансформаторів. Незважаючи на високий попит, пропозиція силових розподільних трансформаторів в 2010 році значно перевищила його. Попит складається з потреби у трансформаторах на заміну, та з потреби на електропостачання нововведених об'єктів різного призначення.

Втрати електроенергії – один з найважливіших економічних показників електромережевого підприємства. Їх величина відображає технічний стан і рівень експлуатації всіх передавальних пристроїв, стан систем обліку та метрологічне забезпечення парку вимірювальних приладів, ефективність енергозбутової діяльності. У міжнародній практиці прийнято вважати, що відносні загальні втрати електроенергії при її передачі та розподілі задовільні, якщо вони не перевищують 4-5%. Втрати електроенергії на рівні 10% оцінюють як максимально допустимі з точки зору фізики передачі по мережах. А що ж ми маємо на практиці... Більшість характеристик розподільних трансформаторів визначається національними або міжнародними стандартами. Залежно від вимог тієї чи іншої держави відповідність трансформаторів стандарту може бути обов'язковим або добровільним.

В цілому завданням стандартизації характеристик розподільних трансформаторів є спрощення обміну продукцією між внутрішнім і зовнішнім ринками, а також забезпечення прийнятних вимог до якості продукту в області здоров'я, безпеки та охорони навколишнього середовища. Для подолання торгових або технічних бар'єрів особливо важливі міжнародні стандарти.

До розподільчим трансформаторів, які закупаються в Європейському Союзі, застосовні три рівня стандартів:

- міжнародні стандарти (ISO, IEC);
- європейські стандарти і норми (EN, HD);
- національні стандарти (BSI, NF, DIN, NEN, UNE OTEL).

Розробка і застосування європейських документів гармонізації (Harmonization Documents – HD) починається в тому випадку, коли є потреба в єдиному пан європейському регулюванні предмета. Проект європейських документів гармонізації являє собою компіляцію різних національних стандартів. Згодом документи гармонізації знаходять остаточну форму шляхом видалення якомога більшої кількості національних відмінностей. Після деякого перехідного періоду національні норми по предмету перестають діяти або їх зміст приводиться у відповідність з документами гармонізації. Останні є основою для EN – європейського стандарту, який приймається за особливою процедурою країнами – членами ЄС [3].

Серед різних міжнародних і національних норм два європейських документа гармонізації мають безпосереднє відношення до енергоефективності розподільних трансформаторів і визначають її рівень:

- HD428: Трифазні розподільні трансформатори з робочою частотою 50 Гц від 50 до 2 500 кВА з оливним охолодженням і максимальною напругою не вище 36 кВ;

- HD538: Трифазні розподільні трансформатори з робочою частотою 50 Гц від 100 до 2 500 кВА з охолодженням сухого типу і максимальною напругою не вище 36кв.

Для розподільних трансформаторів, що випускаються за нормами HD428 і HD538 встановлені дискретні номінали потужності (50, 100, 160, 250, 400, 630, 1 000, 1 600 і 2 500 кВА), допускаються й інші значення.

Основними параметрами ефективності є величини втрат навантаження та холостого ходу, наведені в табл. 1.4.

Як видно з табл. 1.4, для оливних трансформаторів допускається три рівня втрат, що позначаються як А, В, і С. Такі втрати визначаються за спеціальною методикою з певним допуском на похибка, а при невідповідності виробів під час випробувань виробник або відбраковує трансформатор, або погоджує з покупцем величину грошової компенсації. І навпаки, якщо фактичні величини втрат у великих трансформаторів істотно краще вимог відповідного рівня норми (або контрактної специфікації), виробник може отримати від покупця додаткову винагороду.

Аналогічно відбувається й з втратами холостого ходу, де для оливних трансформаторів – три рівня граничних втрат, які охоплюють А', В' і С'.

Таким чином, норматив HD428 дає можливість вибору трьох рівнів втрат навантаження та трьох – холостого ходу від найменш ефективною комбінації А-А' до найбільш ефективною С-С'. Теоретично існує дев'ять можливих комбінацій. Однак норматив HD428 допускає п'ять можливих комбінацій, де комбінація А-А' прийнята за основу порівняння (виділено жирною лінією, наведені значення (у %) обчислені від цієї основи).

Таблиця 1.4

Норми втрат силових розподільних трансформаторів

Номінальна потужність	Втрати короткого замикання				Втрати холостого ходу			
	З оливним охолодженням (HD428) до 24 кВ			Сухого типу (HD538)	З оливним охолодженням (HD428) до 24 кВ			Сухого типу (HD538)
	Список А	Список В	Список С	12 кВ основний	Список А'	Список В'	Список С'	12 кВ основний
кВ*А	Вт	Вт	Вт	Вт	Вт	Вт	Вт	Вт
1	2	3	4	5	6	7	8	9
50	1 100	1 350	875	Немає	190	145	125	Немає
100	1 750	2 150	1 475	2 000	320	260	210	440
160	2 350	3 100	2 000	2 700	460	375	300	610
250	3 250	4 200	2 750	3 500	650	530	425	820
400	4 600	6 000	3 850	4 900	930	750	610	1 150
630/4%	6 500	8 400	5 400	7 300	1 300	1 030	860	1 500
630/6%	6 750	8 700	5 600	7 600	1 200	940	800	1 370
1 000	10 500	13 000	9 500	10 000	1 700	1 400	1 100	2 000
1 600	17 000	20 000	14 000	14 000	2 600	2 200	1 700	2 800
2 500	26 500	32 000	22 000	21 000	3 800	3 200	2 500	4 300

Примітки:

1. Для 36 кВ інші значення.
2. Для 24 і 36 кВ застосовуються різні значення.
3. Зазвичай розподільні трансформатори мають значення опору обмотки 4 і 6%.

Трансформатори по HD428 / HD538 номінальною потужністю до 640 кВА включно, як правило, мають значення опору 4%.

У значень сумарних втрат (навантаження та холостого ходу) між крайніми значеннями, а саме комбінаціями А-А' і С-С', вбачається велика різниця – близько 1,5 кВт для трансформаторів номінальною потужністю 630 кВА.

Фактичні втрати розподільних трансформаторів, що показані на рис. 1.2, залежать від величини навантаження. Так, в режимі холостого ходу безпосередньо проявляються втрати холостого ходу, а при повному навантаженні втрати холостого ходу доповнюються втратами повного навантаження. При зменшенні навантаження величина втрат при частковому навантаженні зворотно-пропорційно пропорційна квадрату величини навантаження.

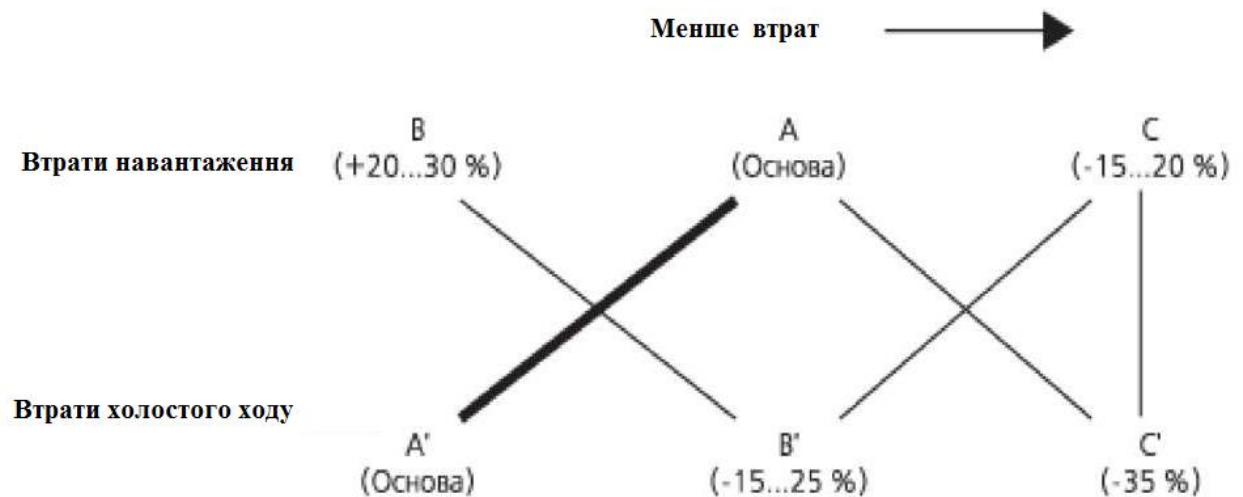


Рис. 1.2. Фактичні втрати при різних навантаженнях

У практичних цілях ефективність трансформатора можна прорахувати розділивши загальні втрати на кількість переданої енергії. При цьому слід враховувати і складову реактивної потужності, оскільки їй відповідають власні втрати. Це ще більше знижує енергоефективність трансформатора. На рис. 1.3 справа представлені відносні втрати трансформатора в залежності від навантаження, які дорівнюють 100% мінус ефективність. Цей графік наочно ілюструє, що мінімальні величини втрат припадають на навантаження, рівні приблизно 50% номінальної потужності. При цьому якщо трансформатори рівнів А-А' і В-В' мають різні оптимальні, з точки зору зниження втрат, діапазони навантаження, то трансформатори рівня С-С' мають величину втрат в будь-якому випадку на 20-30% меншу, ніж А-А' і В-В'.

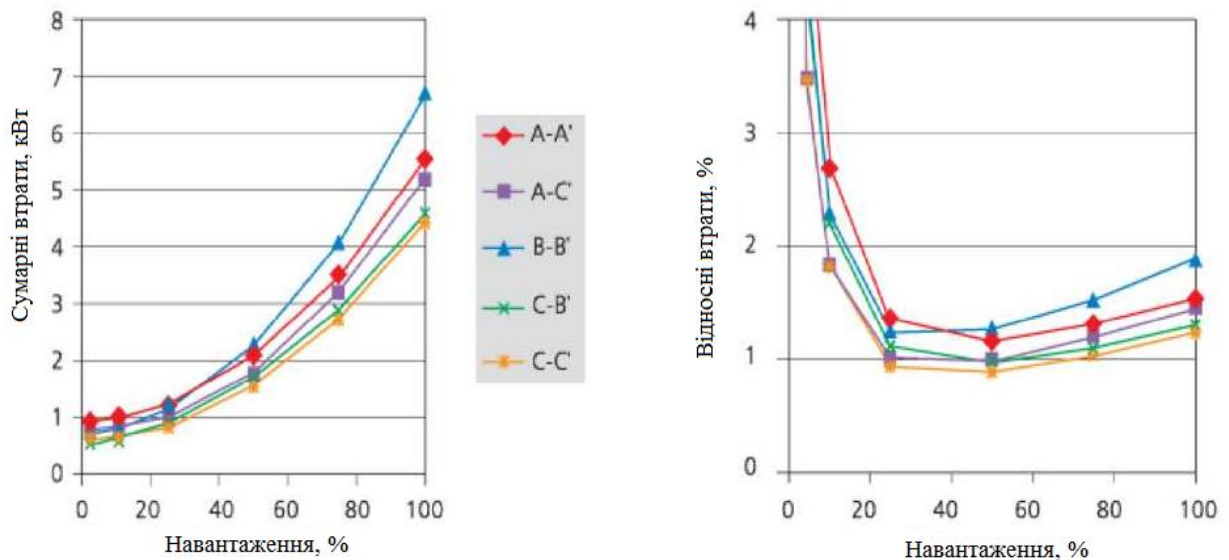


Рис. 1.3. Сумарні втрати трансформатора номінальною потужністю 400 кВА в залежності від величини навантаження (12 і 24 кВ)

Як правило, чим вища потужність трансформатора, тим менше втрати повного навантаження, що показано на рис. 1.4, особливо для трансформаторів сухого типу.

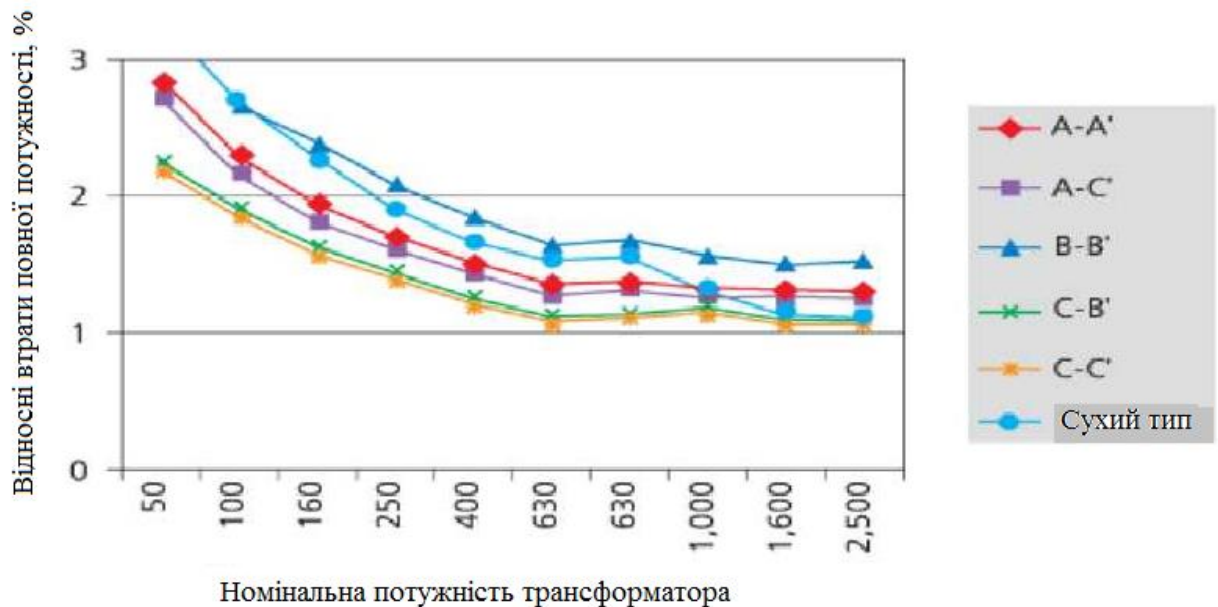


Рис. 1.4. Залежність втрат повного навантаження від потужності трансформатора

Оскільки загальна ефективність трансформатора безпосередньо залежить від режиму навантаження, методика підрахунку загальних втрат за певний період часу (наприклад, за рік або весь період експлуатації) може бути непростюю, для таких підрахунків, зазвичай, застосовуються емпіричні методи.

Формально тільки рівень C-C' для оливних силових розподільних трансформаторів можна вважати ефективним. При цьому слід визнати, що не існує єдиного міжнародного визнаного критерію, за яким розподільний трансформатор можна було б віднести до числа енергоефективних. Ряд фахівців пропонує до таких віднести трансформатори:

- з оливним охолодженням C-C' (по HDB421.1) і D-E' (по HD428.3);

- сухого типу до 24 кВ, що мають величину втрат на 20% менше, ніж за нормою HD538.1;

- сухого типу до 36 кВ, що мають величину втрат на 20% менше, ніж за KD538.2.

Підставою для таких орієнтирів служить технічна можливість їх виготовлення у даний час практично всіма виробниками.

Другий спосіб полягає в оцінці якісного складу поточних продажів, як це зроблено в США, де будь-який трансформатор з енергоефективністю рівній або кращої, ніж у 35% у найбільш продаваних моделей, визнається енергоефективним.

Третім можливим способом можуть бути технічні ознаки, такі як застосування спеціальних видів обмоток, передових марок металів у магнітопроводі тощо. Такий спосіб хоч і має право на існування, але не пов'язаний безпосередньо з основним показником – ефективністю. Однак позначення трансформаторів, наприклад, з осердям (магнітопроводом) з аморфного заліза (AMDT) асоціюється з енергоефективністю.

Зрозуміло, що ресурси зниження втрат не вичерпані. Втрати навантаження можуть бути і далі знижені в першу чергу шляхом:

- збільшення значень перетину провідника обмотки, що призведе до зниження опору і, отже, втрат. Реалізація цього методу стримується непропорційним збільшенням витрат (ціни) і габаритів виробу, хоча частково зростання габаритних розмірів компенсується меншим виділенням тепла і, відповідно, меншими розмірами охолоджуючих конструкцій;

- застосування матеріалів підвищеної електропровідності, аж до надпровідників. Дані технології ще не досягли потрібного рівня розвитку і все ще наддорогі. Вони використовуються переважно для великих трансформаторів.

Невирішеною проблемою для надпровідникових обмоток є вразливість до величин струмів коротких замикань, що найчастіше зустрічаються в мережах середньої напруги.

Втрати холостого ходу принципово можна знизити шляхом:

- збільшення перерізу осердя, що непропорційно збільшує витрати (ціну) і габаритні розміри, хоча і знижує втрати холостого ходу;
- застосування спеціальних марок трансформаторної сталі;
- зменшення товщини пластин сердечника;
- застосування аморфних металів в осерді (тут є великі резерви).

Інакше кажучи, технічні резерви зниження втрат далекі від вичерпання і рівень ефективності (зниження втрат) може бути підвищений з використанням вже відомих технологій і принципів. Просто слід пам'ятати, що при подальшому вдосконаленні конструкції доводиться враховувати безліч взаємопов'язаних факторів, від габаритних розмірів до шумності, і необхідність зведення до мінімуму технологічних ризиків.

Споживачі трансформаторів дуже консервативно ставляться до всіх нововведень, і навряд чи хто-небудь візьметься їх дорікнути у цьому, усвідомлюючи можливий масштаб і тривалість наслідків виходу з ладу виробу.

У тих випадках коли мережеві компанії приватизовані, застосування енергоефективних трансформаторів дає їм можливість зменшити складову витрат на втрати і при незмінності ціни на електроенергію дещо збільшити прибуток. Як показано на рис. 1.5, розрахунки і досвід показують, що перенесення 50% "економії" на споживача за рахунок корекції відпускної ціни електроенергії є достатньою основою бізнес-проекту з оновлення парку трансформаторів. Але і цей захід є прерогативою національної юрисдикції, оскільки включає питання регулювання цін на електроенергію.

Найчастіше перешкодою для оновлення парку трансформаторів на енергоефективні є відсутність інформації і знань. Особливо це справедливо для великих споживачів енергії, які бажають знизити втрати, але не мають достатніх технічних знань та інформації для прийняття відповідних внутрішньо корпоративних рішень.

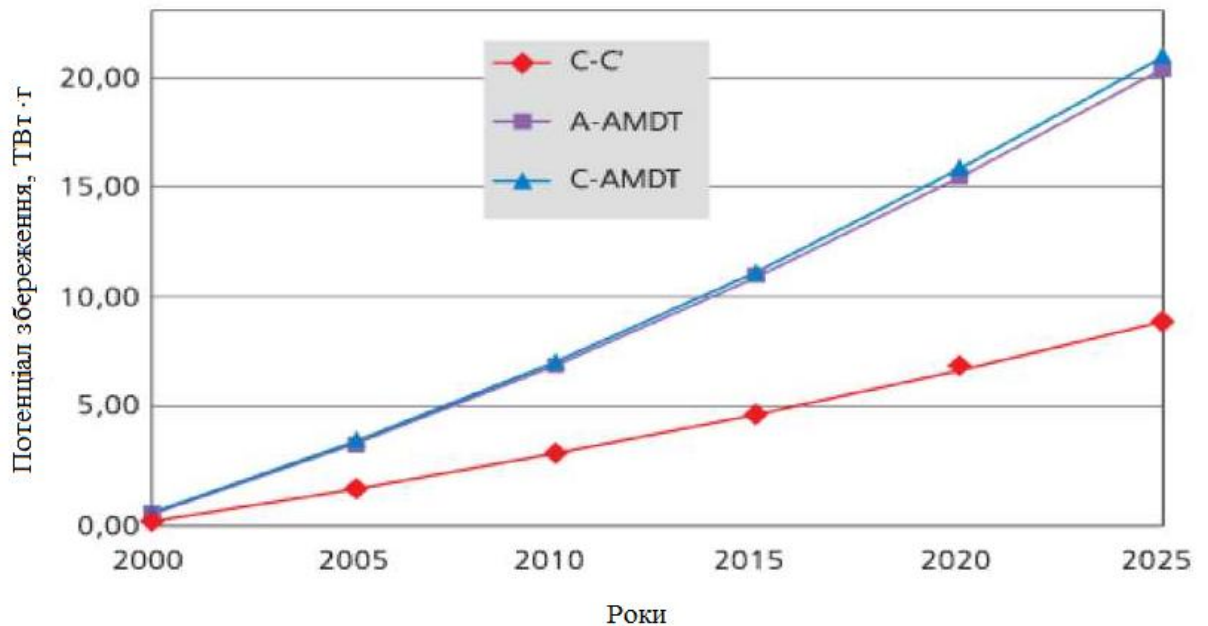


Рис. 1.5. Потенціал енергозбереження при використанні ефективних розподільних трансформаторів в Європі

Наявність простої системи споживчого маркування, що ілюструє ступінь ефективності виробів при різних профілях навантаження, істотно полегшило б процес прийняття рішень згаданої групою споживачів. Хоча є очевидним, що створення вичерпної системи такого спрощеного маркування вкрай ускладнено, проте немає перешкод для її створення стосовно більшості типових ситуацій як, наприклад, для електродвигунів – виробів зі схожими складнощами у визначенні поняття "енергоефективність".

Потенційні механізми впровадження енергоефективних трансформаторів в ЄС такі:

- директивне запровадження мінімальних вимог по енергоефективності стосовно до всіх видів і типів розподільних трансформаторів;
- застосування субсидування, податкових пільг і фіскальну відповідальність за втрати;

- застосування простої системи споживчого маркування, ілюструючу ступінь енергоефективності виробів для різних профілів навантажень;
- стимулювання створення клубів споживачів силових розподільних трансформаторів, де реалізується програма демонстрацій колективних закупівель зі знижками від виробників;
- створення і поширення серед дрібних споживачів посібників з методикою раціонального вибору силового розподільного трансформатора.

1.2 Проблема енергоефективності в національній економіці

1.2.1. Проблема незбалансованого внутрішнього споживання енергоресурсів. Енергоємність валового внутрішнього продукту – основний показник ефективності економіки – в Україні значно вища, ніж у промислово розвинених країнах. Це є наслідком певної технологічної відсталості, недосконалої галузевої структури вітчизняної економіки та впливу її «тіньового» сектору[5-12]. Така ситуація об'єктивно обмежує конкурентоспроможність національного виробництва і лягає важким тягарем на економіку – тим більше, за умов її зовнішньої енергетичної залежності. На відміну від країн Заходу, де енергозбереження є елементом економічної та екологічної доцільності, для України це – питання виживання, оскільки досі не вирішено проблему збалансованого платоспроможного споживання як внутрішніх, так й імпортованих паливно-енергетичних ресурсів.

Проблема незбалансованого внутрішнього споживання палива та енергії має вкрай негативні соціальні наслідки: значна частина міського населення України забезпечується водопостачанням лише кілька годин на добу, звичайним явищем у регіонах стали так звані «віяльні» відключення від електропостачання, якість теплопостачання часто не відповідає встановленим

вимогам, поступово руйнується інфраструктура паливно-енергетичного комплексу та комунальних підприємств водо- і теплопостачання.

Енергозбереження має суттєвий вплив на енергетичну безпеку держави, оскільки неефективне внутрішнє споживання паливно-енергетичних ресурсів вимагає великих обсягів їх імпорту, що призводить до значної залежності від країн-експортерів. Разом із тим потенціал енергозбереження в Україні становить понад 45% обсягу споживання паливно-енергетичних ресурсів. Його реалізація дозволить здебільшого зняти гостроту проблеми зовнішньої енергетичної залежності. Фактично проблема платоспроможного попиту на енергоресурси своєю важливістю не поступається проблемі диверсифікації джерел їх імпорту.

Фактор енергозбереження є одним із визначальних для енергетичної стратегії України. В цілому тут фокусуються проблеми як ефективності власне паливно-енергетичного комплексу, так і здатності останнього забезпечити ресурсами ефективного функціонування національної економіки.

Низька енергоефективність стала одним з основних чинників кризових явищ в українській економіці. Дійсно, у структурі витрат на виробництво промислової продукції в першій половині 90-х рр. майже втричі зросла вартісна складова енергоресурсів у матеріальних витратах на цю продукцію, сягнувши 42% їх загального обсягу. Зростання питомої ваги витрат на паливо та енергію зумовлено кількома факторами, найістотнішим серед яких є відмінність щодо індексів зростання цін. Цей індекс для продукції електроенергетики та паливної промисловості становив, відповідно, 1,394 і 1,85, якщо вважати, що індекс цін промислової продукції в цілому за означений період дорівнює одиниці. Першопричиною цих явищ стало істотне зростання вартості імпортних енергоресурсів упродовж означеного періоду. Як результат впливу згаданої сукупності факторів – складова витрат на енергоресурси у структурі ціни промислової продукції протягом 1990-1997 рр. зросла у межах 6,2-18,9%, а рентабельність, навпаки, зменшилась від

16,8% до свого мінімального значення у 1997 році – 5,7% і лише в наступні роки почала зростати. Низька рентабельність стала, в свою чергу, однією з причин вимивання обігових коштів з економіки, сприяючи таким чином її «бартеризації» та іншим негативним наслідкам в умовах переходу до ринкових відносин. «Бартеризація» є несумісною з режимом енергозбереження, оскільки собівартість продукції стає другорядним фактором. Таким чином, низька енергоефективність виявилась водночас й однією з важливих причин виникнення криз у національній економіці, та їх наслідком.

У результаті прийнятих на державному рівні зусиль в Україні спостерігається певне поліпшення ситуації, пов'язаної з енергоефективністю. Якщо енергоємність ВВП протягом 1990-1996 рр. зросла на 42% і майже стабілізувалася у 1997-1999 рр., то з 2000 року спостерігається її істотне зменшення, причому вперше в історії України зростання ВВП було досягнуто за одночасного скорочення споживання первинних паливно-енергетичних ресурсів.

Слід зазначити, що в 2002 році темпи зменшення енергоємності ВВП знизилися. Суть проблеми полягає в тому, що механізми законодавчого регулювання економіки повинні бути адекватними її реальному стану. Інакше кажучи, вони мають постійно вдосконалюватись. Разом із тим останніми роками через об'єктивні та суб'єктивні причини спостерігається гальмування законотворчої діяльності у сфері енергозбереження.

Причинами повільного поліпшення ситуації щодо енергоефективності національної економіки насамперед є:

- порушення механізмів товарно-грошових відносин та елементи монополізму в діяльності паливно-енергетичного комплексу;
- відсутність цільових капіталовкладень для запровадження енергоефективних технологій;

- відсутність обігових коштів підприємств, дешевих і довгострокових банківських кредитів, механізмів залучення інвестицій та самофінансування сфери енергозбереження;

- однією з корінних причин повільного поліпшення ситуації щодо енергоефективності стала вже застаріла проблема порушення пропорцій фінансування на раціональне споживання енергоресурсів та їх виробництво й імпорт. Такий підхід призводить до істотних перевитрат бюджету, оскільки ефективність енергозбереження у 2-4 рази вища за ефективність виробництва і розподілу енергоресурсів.

Таким чином, одним із основних напрямів удосконалення системи енергозабезпечення України має стати підвищення ефективності використання палива та енергії.

Стратегічні цілі політики з енергозбереження полягають у докорінній перебудові технологічної, економічної та нормативно-правової бази виробництва, перетворення, транспортування та використання паливно-енергетичних ресурсів у галузях економіки і соціальній сфері з метою радикального зменшення їх витрат та підвищення показників енергетичної ефективності до рівня промислово розвинених країн.

Проведення активної енергозберігаючої політики є важливим фактором, що гарантуватиме стаке і ефективне забезпечення енергоресурсами економіки країни.

Головні чинники, що визначають державну значимість та результативність енергозбереження, зводяться до чотирьох основних груп:

- визначення стратегічних напрямів та заходів з енергозбереження в галузях економіки;

- оцінка економічно ефективного потенціалу енергозбереження за рахунок технологічного і структурного факторів;

- державна політика енергозбереження та розробка правового і нормативного забезпечення процесу енергозбереження та економічного механізму його стимулювання;

- визначення джерел фінансування енергозберігаючих заходів.

1.2.2. Основні стратегічні напрями та заходи з енергозбереження в галузях економіки. Основними стратегічними напрямками та заходами з енергозбереження в галузях економіки до 2030 року [5 - 10] є ті, що зазначені нижче.

У сфері відновлюваної енергетики та енергоефективності в Україні, станом на 31 грудня 2014 року, діє більше 200 актів національного законодавства:

- 10 Законів України;
- 15 Указів Президента України;
- 120 рішень Уряду України;
- інші підзаконні акти.

Основними законами, які регулюють відносини у сфері відновлюваної енергетики та енергоефективності в Україні є:

- закон України «Про енергозбереження»;
- закон України «Про електроенергетику»;
- закон України «Про альтернативні види палива»;
- закон України «Про альтернативні джерела енергії»;
- закон України «Про комбіноване виробництво теплової та електричної енергії (когенерацію) та використання скидного потенціалу»;
- закон України «Про газ (метан) вугільних родовищ»;
- податковий кодекс України.

Виходячи з прогнозу розвитку галузей промисловості України на період до 2030 р., у структурі випуску промислової продукції передбачається скорочення питомої ваги найбільш енергоємних її галузей: електроенергетики – на 1,1-2,3%, чорної металургії – на 5,2-7,5%, паливної промисловості – на 0,3-2,8%, хімічної та нафтохімічної промисловості – на 0,6-0,9%, при одночасному зростанні часток машинобудування та металообробки на 2,3-3,0%, промисловості будівельних матеріалів – на 0,6-1,1%, легкої

промисловості – на 0,9-1,8% і харчової промисловості – на 0,9-5,3%. Підсумок оцінки потенціалу енергозбереження на період до 2030 року проти рівня 2000 року наведений у табл. 1.5.

1.2.3. Електроенергетика. Основною стратегічною метою енергозбереження в електроенергетиці є насамперед модернізація, реконструкція та оновлення фізично зношеного обладнання, підвищення ефективності його експлуатації, зменшення питомих витрат палива на виробництво електричної та теплової енергії, зниження втрат енергії в мережах енергопостачання, вирішення проблеми покриття змінних електричних навантажень.

Досягненню зазначеної мети сприятиме реалізація таких заходів:

- а) проведення політики щодо модернізації та реконструкції морально застарілого та фізично зношеного обладнання, а також його оновлення;
- б) підвищення ефективності енерговикористання за рахунок впровадження сучасних схем і систем енергопостачання;
- в) використання сучасних автоматизованих систем обліку витрат палива, електричної та теплової енергії;
- г) впровадження нових високо економічних технологій виробництва енергії, зокрема, парогазових електростанцій, процесу спалювання низькоякісного палива в циклонних топках, з киплячим шаром тощо;

Таблиця 1.5

Оцінка потенціалу енергозбереження на період до 2030 року (проти рівня 2000 року), млрд. кВт·год

Складові енергозбереження	2010			2015			2020			2025			2030		
	I*	II*	III*	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Загальне економічно доцільне електрозбереження за рахунок технологічного фактора:	42,07	65,65	77,79	76,72	97,54	121,00	78,33	101,38	165,95	90,52	157,90	265,27	114,90	206,46	334,05
– галузеве електрозбереження	13,57	32,29	37,35	44,95	57,68	74,59	42,71	59,16	115,40	51,49	111,48	209,57	72,15	155,39	273,39
– міжгалузеве електрозбереження	28,50	33,36	40,44	31,77	39,86	46,41	35,62	42,22	50,55	39,03	46,42	55,70	42,75	51,07	60,66
Загальне електрозбереження за рахунок структурного фактора:	48,78	43,59	46,10	82,70	82,76	91,50	120,54	141,49	169,72	167,42	199,39	252,76	217,90	286,93	362,73
– міжгалузеві зрушення	15,45	8,30	8,66	20,92	17,61	21,35	25,82	35,68	49,90	33,43	43,28	69,13	39,60	70,81	99,69
внутрішньогалузеві зрушення	33,33	35,29	37,44	61,78	65,15	70,15	94,72	105,81	119,82	133,99	156,11	183,63	178,30	216,12	263,04
Сумарний потенціал електрозбереження за рахунок технологічного структурного факторів	90,85	109,24	123,89	159,42	180,30	212,50	198,87	242,87	335,67	257,94	357,29	518,03	332,80	493,39	696,78

* сценарії : I – песимістичний, II – базовий, III – оптимістичний.

г) впровадження нових високо економічних технологій виробництва енергії, зокрема, парогазових електростанцій, процесу спалювання низькоякісного палива в циклонних топках, з киплячим шаром тощо;

д) будівництво нових маневрових потужностей і доведення їх частки у структурі генеруючих потужностей до 18-20%;

е) використання високоефективних технологій когенерації, коефіцієнт корисної дії яких може досягти 80-90%;

ж) оптимізація співвідношення систем централізованого і децентралізованого теплопостачання;

з) запровадження ефективної системи управління електроспоживанням, орієнтованої на стимулювання споживачів до участі у вирівнюванні графіка електричних навантажень;

і) відбудова та модернізація малих гідроелектростанцій;

и) створення власного паливного циклу для атомних електростанцій;

і) зниження технологічних втрат електричної енергії в електричних мережах до 9-12%.

1.2 Аналіз втрат у трансформаторах

Системи електропостачання експлуатуються не в номінальних режимах, електрообладнання недовантажено. Це призводить до збільшення частки втрат в трансформаторах як показано на малюнку 10, електродвигунах, до зниження значення $\cos\varphi$ (коефіцієнта потужності) в системі електропостачання. Змінилися ціни на енергоносії, що відбилося на переоцінці економічності реалізованих схем енергопостачання. Одне із завдань в ситуації, що склалася - це проаналізувати режими експлуатації

енергообладнання в нових умовах і розробити рекомендації по його експлуатації.

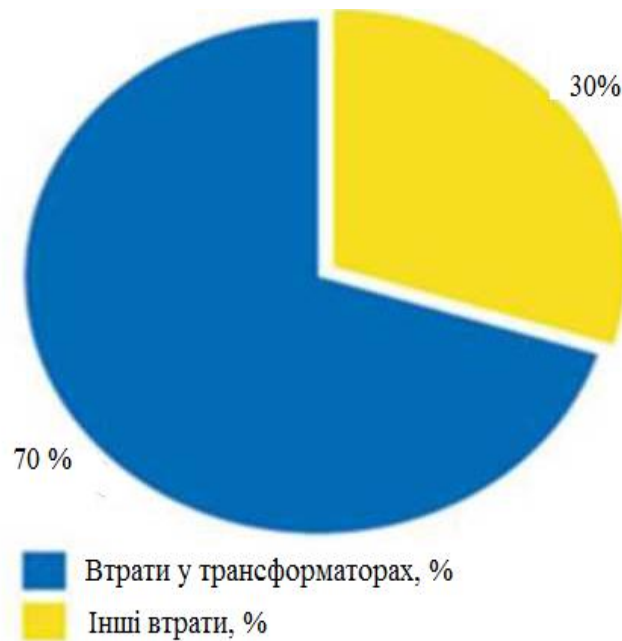


Рис. 1.6. Діаграма структури технічних втрат у відсотках до обсягу передачі

Одним із завдань з енергозбереження при недовантаженості є заміна трансформаторів, що наявні в експлуатації, на трансформатори меншої потужності. Такий захід має особливе значення при експлуатації трансформаторів організацій, що працюють в одну або дві зміни, а також у вихідні дні. Якщо трансформатори фактично недовантажені, це призводить до великих втрат холостого ходу.

Слід зазначити, що робота трансформаторів в режимі холостого ходу або близькому до нього викликає зайві втрати не тільки в самому

трансформаторі, а й у всій системі живлення через низький коефіцієнта потужності при холостому ході трансформатора.

Допустимі рівні втрат короткого замикання і холостого ходу в залежності від потужності трансформатора представлені в табл. 1.6.

Цілком очевидно, що ресурси зниження втрат в розподільних трансформаторах ще далеко не вичерпані та можуть бути знижені й в подальшому, в першу чергу, шляхом застосування на трансформаторних заводах методів зниження втрат КЗ і ХХ, які наведені в таблиці 1.7.

Таблиця 1. 6

Допустимі рівні втрат короткого замикання і холостого ходу в залежності від потужності трансформатора

Номінальна потужність, кВА	Допустимі рівні втрат «короткого замикання», Вт			Допустимі рівні втрат «холостого ходу», Вт		
	А	В	С	А'	В'	С'
50	1100	1350	875	150	145	125
100	1750	2150	1475	320	260	210
160	2350	3100	2000	460	375	300
250	3250	4200	2750	650	530	425
400	4600	6000	3850	930	750	610
630	6500	8400	5400	1300	1030	860
1000	10 500	13 000	9500	1700	1400	1100
1600	17 000	20 000	14 000	2600	2200	1700
2500	26 500	32 000	22 000	3800	3200	2500

Таким чином, існують досить великі потенційні резерви зниження втрат в розподільних трансформаторах і, отже, підвищення рівня їх енергоефективності.

Викладені механізми мотивування практичного впровадження енергоефективних розподільних трансформаторів цілком можна застосувати в Україні. У таблиці 8 наведені для порівняння дані характеристик втрат основних заводів СНД, що випускають силові розподільні трансформатори.

Оцінка ефективності застосування трансформаторів з низьким коефіцієнтом завантаження.

Таблиця 1.7

Методи зниження втрат в трансформаторах

Назва втрат	Метод зменшення втрат	Труднощі реалізації метода зменшення втрат
1	2	3
Втрати КЗ	Збільшення значень перетину провідника обмотки, що веде до зниження опору і, отже, втрат	Витрати (ціни) і габарити трансформатора значно і притому непропорційно збільшуються (хоча зростання габаритів частково компенсується менше виділяє тепла і, відповідно, меншими розмірами охолоджуючих конструкцій)
	Застосування матеріалів, що мають підвищену електропровідність, аж до надпровідників	Дані технології ще недостатньо розвинені, наддорогі і тому використовуються переважно в трансформаторах великої потужності
Втрати ХХ	Збільшення перерізу магнітопроводу, що веде до зниження втрат ХХ	Витрати (ціни) і габарити трансформатора непропорційно збільшуються
	Застосування спеціальних марок трансформаторної сталі, що мають найбільший опір і знижені втрати на гістерезис	Спеціальні марки трансформаторної набула широкого вжитку відносно дороги і тому використовуються переважно в трансформаторах великої потужності
	Застосування аморфних металів в муздраттеатрі, що дозволяє знизити втрати х.х. на 70 ... 80% у порівнянні з втратами в трансформаторах традиційної конструкції	Дані технології в даний час отримують все більший розвиток і затребувані на ринку розподільних трансформаторів

Розподільні трансформатори потужністю 25-630 кВА напругою 6-10 кВ – найбільш масова серія вироблених й експлуатованих трансформаторів в нашій країні та за кордоном. Знос парку розподільних трансформаторів в цілому по країні вже досягає 60% [12].

Щорічне споживання електроенергії в Україні знаходиться на рівні 118,420 млрд. кВт·год [11], при цьому загальні втрати електроенергії в розподільчих трансформаторах оцінюються приблизно в 7 млрд.кВт·год і приблизно 50% – це втрати в магнітопроводах.

Витрати на відшкодування втрат холостого ходу оцінюються в 120 грн./кВт на рік [18,19,27]. Таким чином, загальна сума витрат на відшкодування тільки втрат холостого ходу в грошовому вираженні може скласти 975 мільярдів рублів на рік. Крім цього, експлуатація розподільних трансформаторів також вимагає значних матеріальних і трудових витрат і будь-яке зниження витрат дає суттєву економію.

Щорічні витрати на обслуговування одного розподільного трансформатора з магнітопроводом з холоднокатаної електротехнічної сталі складають приблизно 8% від його первинної вартості.

В сучасних умовах зниження витрат на виробництво і експлуатацію розподільчих трансформаторів – основне завдання виробників, для вирішення якої необхідно, перш за все, використовувати в них сучасні конструкції магнітопроводів [19].

Найбільш перспективний шлях – це організація виробництва магнітопроводів розподільних трансформаторів з аморфних (нанокристалічних) сплавів [19-27].

Застосування магнітопроводів з нанокристалічних сплавів, в розподільчих трансформаторах, забезпечує істотне, більш ніж п'ятикратне зниження втрат холостого ходу в порівнянні з традиційними трансформаторами із магнітопроводами, що виготовлені з електротехнічної сталі [19-27].

Енергоефективні розподільні трансформатори із магнітопроводами з нанокристалічних матеріалів, за даними енергетичних компаній США і Японії, окупаються в експлуатації приблизно за три роки [19-27].

При виготовленні магнітопроводів енергоефективних трансформаторів найбільше застосування в них отримали нанокристалічні сплави типу Fe78-B13-Si9.

В даний час основними виробниками нанокристалічних матеріалів у світі є: США – 80000 т / рік; ЄС – 40000 т / рік; Китай – 35000 т / рік; Індія – 15000 т / рік; Південна Корея – 3000 т / рік, Туреччина – 1000 т / рік.

В даний час основними виробниками нанокристалічних матеріалів у світі є: США – 80000 т / рік; ЄС – 40000 т / рік; Китай – 35000 т / рік; Індія – 15000 т / рік; Південна Корея – 3000 т / рік, Туреччина – 1000 т / рік.

Крім зниження втрат у магнітопроводі з нанокристалічних сплавів також зменшується значення струму намагнічування. В результаті при зниженні втрат холостого ходу і зниженні струму намагнічування в трансформаторах:

- знижується температура трансформатора і продовжується його термін служби;
- в кілька разів знижуються витрати при передачі електроенергії споживачу;
- має місце загальне скорочення енергоспоживання в енергетиці країни; отже, як результат загальне істотне зниження обсягу спалювання органічного палива для вироблення електроенергії та шкідливих викидів в атмосферу.

Енергоефективні розподільні трансформатори із магнітопроводами з нанокристалічних матеріалів, за даними енергетичних компаній США і Японії, окупаються в експлуатації приблизно за три роки [19-27].

При виготовленні магнітопроводів енергоефективних трансформаторів найбільше застосування в них отримали нанокристалічні сплави типу Fe78-B13-Si9

Таблиця 1. 8

Порівняльні технічні характеристики трансформаторів ТМГ

Потужність	Завод	Тип	Р _{хх} , Вт	Р _{кз} , Вт	L _а , дб	L _{ра} , дб	Габарити			Маса, кг
							L, мм	B, мм	H, мм	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
100 кВА	«МЕТЗ ім. Козлова»	ТМГ	270	1970	50	59	1020	750	1180	540
		ТМГМШ	220	2270	43	52	1000	720	925	540
	«Укрелектроапарат»	ТМГ	305		-	-	1310	750	1050	700
	ОАО «ЕТК «БірЗСТ»	ТМГ	280	2000	-	-	942	595	1175	580
160 кВА	«МЕТЗ ім. Козлова»	ТМГ	410	2600	53	62	1100	780	1180	700
		ТМГМШ	320	2900	45	54	1120	750	1220	710
	«Укрелектроапарат»	ТМГ	410				1330	765	1450	938
	ОАО «ЕТК «БірЗСТ»	ТМГ	400	2600			986	672	1240	750
250 кВА	«МЕТЗ ім. Козлова»	ТМГ	580	3700	56	65	1220	840	1220	950
		ТМГМШ	450	4200	47	56	1220	840	1320	1020
	ОАО «ЕТК «БірЗСТ»	ТМГ	550	3500			1196	735	1345	1050
400 кВА	«МЕТЗ ім. Козлова»	ТМГ	830	5400	59	68	1300	860	1300	1360
		ТМГМШ	600	5400	49	58	1300	860	1480	1480
	«Укрелектроапарат»	ТМГ	830				1390	670	1695	1795
	ОАО «ЕТК «БірЗСТ»	ТМГ	760	5500	42,4	49,7	1252	766	1407	1308
630 кВА	«МЕТЗ ім. Козлова»	ТМГ	1240	7600	60	70	1540	1060	1470	2000
		ТМГМШ	940	7600	52	62	1540	1060	1600	2100
	«Укрелектроапарат»	ТМГ	1050	-	-	-	1590	1000	1735	2100
	ОАО «ЕТК»	ТМГ	1000	760	47,1	53,8	1578	862	1579	1780

РОЗДІЛ 2

РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ПІДПРИЄМСТВАХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

На підприємстві функціонують 6 (шість) виробничих цехів: бісквітний, карамельний, ірисний, шоколадний, цукерковий, зефірний. Всі ці цехи взяті для аналізу та розрахунку в даній роботі[28-44].

Електропостачання підприємства харчової промисловості здійснюється двома трансформаторами, які працюють окремо. Підприємство працює у дві зміни. Відомості про електричні навантаження по цехам підприємства наведені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Розрахунок електричних навантажень цехів та підрозділів підприємства

№№ п/п	Найменування	Кількість електро- приймачів, n_e	Встановлена потужність, кВт	
			одного електро- приймача, P_n	ΣP_n
1	Бісквітний цех	10	1-20	180
2	Карамельний цех	19	1-15	215
3	Ірисний цех	8	1-20	140
4	Шоколадний цех	14	1-35	450
5	Цукерковий цех	6	1-20	100
6	Зефірний цех	8	1-15	110
7	Адміністративний корпус, їдальня	45	1-30	400
8	Автогараж	35	1-25	200

2.1 Розрахунок освітлювального навантаження підприємства

2.1.1. Розрахунок освітлювального навантаження підприємства.

Розраховуємо встановлену потужність освітлення:

$$P_{yO} = S \cdot \rho_o, \quad (2.1)$$

де ρ_o - питома розрахункова потужність, кВт/м.

$$P_{yO} = 90 \cdot 25 \cdot 0,014 = 31,5 \text{ кВт.}$$

Розраховуємо розрахункову потужність освітлювального навантаження:

$$P_{pO} = P_{yO} \cdot K_{CO}, \quad (2.2)$$

$$Q_{pO} = P_{yO} \cdot \operatorname{tg}\varphi, \quad (2.3)$$

де K_{CO} - коефіцієнт попиту по активній потужності освітлювального навантаження;

$\operatorname{tg}\varphi$ - коефіцієнт реактивної потужності, визначається за $\cos\varphi$;

P_{yO} - встановлена потужність приймачів освітлення по цеху, визначається за питомою освітлювальною навантаження на 1 м^2 поверхні підлоги відомої виробничої площі.

$$P_{pO} = 31,5 \cdot 0,8 = 25,2 \text{ кВт;}$$

$$Q_{pO} = 31,5 \cdot 0,48 = 12,096 \text{ кВАр.}$$

Аналогічний розрахунок проводимо для решти приміщень, отримані результати заносимо до табл. 2.2.

2.2 Розрахунок силових завантажень

Розраховуємо силову частину, середні навантаження:

$$P_{CM} = \Sigma P_H \cdot K_B, \quad (2.4)$$

де K_B – коефіцієнт використання, що вибирається відповідно до цеху.

$$Q_{CM} = P_{CM} \cdot \operatorname{tg} \varphi \quad (2.5)$$

$$P_{CM} = 180 \cdot 0,35 = 63 \text{ кВт};$$

$$Q_{CM} = 63 \cdot 0,88 = 55,44 \text{ кВАр}$$

Знаходимо ефективне число електроприймачів (ЕП) n_e :

$$n_e = \frac{2 \cdot \Sigma P}{P_{max}}. \quad (2.6)$$

$$\text{Отримуємо } n_e = \frac{2 \cdot 180}{20} = 15.$$

Розраховуємо силову частину. Розрахункові навантаження:

$$P_P = P_{CM} \cdot K_M = 63 \cdot 1,55 = 97,65 \text{ кВт};$$

$$Q_P = Q_{CM} = 55,44 \text{ кВ*Ар.}$$

$$S_P = \sqrt{P_P^2 + Q_P^2} = \sqrt{97,65^2 + 55,44^2} = 112,29 \text{ кВА},$$

де K_M – коефіцієнт максимуму, який обирається з таблиці відповідно до K_B і n_e .

Знаходимо розрахунковий струм:

$$I_P = \frac{(S_{OCB} + S_{HMP}) \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{(27,952 + 112,29) \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 10^3} = 202,422 \text{ А},$$

Аналогічний розрахунок проводимо для решти цехів і приміщень, отримані результати заносимо до табл. 2.3.

Таблиця 2.2

Розрахунок освітлення цехів

№№ п/п	Найменування виробничого приміщення	Розміри приміщення, довжина (м) x ширина (м),	Площа приміщення, м ²	Питоме освітлювальне навантаження, P ₀ , кВт/м ²	Коефіцієнт попиту, K _C	Встановлена потужність освітлювального навантаження, P _{у0} , кВт	Розрахункова потужність освітлювального навантаження		cosφ/tgφ
							P _{р0} , кВт	Q _{р0} , кВ*Ар	
1	Бісквітний цех	90x25	2250	0,014	0,8	31,5	25,2	12,096	0,9/0,48
2	Карамельний цех	25x80	2000	0,014	0,8	28	22,4	10,752	0,9/0,48
3	Ірисний цех	25x55	1375	0,014	0,8	19,25	15,4	7,392	0,9/0,48
4	Шоколадний цех	50x25	1250	0,014	0,8	17,5	14	6,72	0,9/0,48
5	Цукерковий цех	25x90	2250	0,014	0,8	31,5	25,2	12,096	0,9/0,48
6	Зефірний цех	25x107	2675	0,014	0,8	37,45	29,95	14,381	0,9/0,48
7	Адм. корпус, їдальня	80x30	2400	0,02	0,9	48	43,2	20,736	0,9/0,48
8	Авто гараж	40x20	800	0,01	0,6	8	4,8	0	1/0
9	Освітлення території	100x150	15000	0,002	1	3	3	1,44	0,9/0,48

Таблиця 2.3

Розрахункові навантаження

№ цехів	Найменування	Кіл-сть ЕП, n	Установлена потужність, кВт		m	K _и	cosφ/tgφ	Середні навантаження		n _e	Км	Розрахункові навантаження			I _p , А
			P _{н min} - P _{н max}	Σ P _н				P _{см}	Q _{см}			P _p , кВт	Q _p , кВАр	S _p , кВА	
Бісквітний цех															
1	а)силове	10	1-20	180	>3	0,35	0,75/0,88	63	55,44	18	1,55	97,65	55,44	112,29	202,422
	б) освітлювальне											25,2	12,096	27,952	
	Разом												122,85	67,536	
Карамельний цех															
2	а)силове	19	1-15	215	>3	0,35	0,75/0,88	75,25	66,22	19	1,3	97,825	66,22	118,131	206,371
	б) освітлювальне											22,4	10,752	24,847	
	Разом												120,225	76,972	
Грисний цех															
3	а)силове	8	1-20	140	>3	0,25	0,7/1,02	35	35,7	8	1,83	64,05	35,7	73,327	130,494
	б) освітлювальне											15,4	7,392	17,082	
	Разом												79,09	43,092	
Шоколадний цех															
4	а)силове	14	1-35	450	>3	0,25	0,7/1,02	112,5	114,75	14	1,46	164,25	114,75	200,364	311,615
	б) освітлювальне											14	6,72	15,529	
	Разом												178,25	121,47	
Зефірний цех															
5	а)силове	6	1-20	100	>3	0,35	0,75/0,88	35	30,8	6	1,69	59,15	30,8	66,689	136,604
	б) освітлювальне											25,2	12,096	27,953	
	Разом												84,35	42,896	

Подовження таблиці 2.3

№ цехів	Найменування	Кіл- сть ЕП, n	Установлена потужність, кВт		m	K _и	cosφ/tgφ	Середні навантаження		n _e	Км	Розрахункові навантаження			I _p , А
			P _{н min} - P _{н max}	Σ P _н				P _{см}	Q _{см}			P _p , кВт	Q _p , кВАр	P _{н min} - P _{н max}	
Адм. корпус, їдальня															
6	а) силове	8	1-15	110	>3	0,35	0,75/0,88	38,5	33,88	8	1,71	65,835	33,88	74,041	154,824
	б) освітлювальне											29,95	14,381	33,224	
	Разом												95,785	48,261	
Автогараж															
7	а) силове	45	1-30	400	>3	0,4	0,9/0,48	160	76,8	27	1,19	190,4	76,8	205,31	346,97
	б) освітлювальне						0,9/0,48					31,68	15,21	35,08	
	Разом												222,08	92,01	
Освітлення території															
8	а) силове	35	1-25	200	>3	0,2	0,7/1,02	40	40,8	16	1,61	64,4	40,8	75,69	114,52
	б) освітлювальне						1/0					3,65	0	3,65	
	Разом												68,05	40,8	
	а) силове											803,56	454,39	925,842	
	б) освітлювальне											3	1,44	3,328	
	Разом											806,56	455,83	928,37	

РОЗДІЛ 3

ВИБІР ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ

3.1 Обґрунтування вибору

Виходячи з розрахунків, повна потужність підприємства складає 928,37 кВА. Обираємо два (2) трансформатори потужністю 630 кВА. Коефіцієнт завантаження становить:

$$k_{\text{зав}} = S_{0,4} / (2 \cdot S_{\text{номтр}}) = 928,37 / 2 \cdot 630 = 0,7.$$

Тепер виберемо найбільш вигідний енергозберігаючий трансформатор з чотирьох (4) перерахованих вище. Для аналізу складемо табл. 3.1 із технічними характеристиками трансформаторів [22-44].

Таблиця 3.1

Характеристики трансформаторів

Технічні характеристики	ABB EcoDry (Швейцарія)	Укрелект роапарат	Zhongpeng (КНР)	ТМГ12 (Білорусь)
Потужність	630	630	630	630
Втрати холостого ходу, кВт	1,15	1,1	1,3	1,1
Втрати короткого замикання, кВт	5,1	6,7	6,9	6,75
Напруга короткого замикання %	5	5,5	6	5,5
Струм холостого ходу, %	1,5	1,5	2	1,4
Вартість, гривень	143000	129000	71 700	120600

Масляні трансформатори марки ТМГ12 трохи відстають за показниками втрат, незважаючи на невелику різницю в ціні в порівнянні з трансформаторами АВВ.

Китайські трансформатори марки Zhongpeng приваблюють своєю низькою ціною, але втрати настільки великі щодо порівняння з іншими трансформаторами, що змушують сумніватися в правильності вибору цих енергозберігаючих трансформаторів як енергозберігаючих.

З усіх вище перерахованих енергозберігаючих трансформаторів найбільш оптимальним є вибір сухих трансформаторів швейцарської фірми АВВ типу АВВ EcoDry потужністю 630 кВА.

Силкові сухі трансформатори здійснюють перетворення електричної енергії частотою 50 Гц. При цьому здійснюється зниження напруги зі збільшенням струмового навантаження споживача по відношенню до лінії електропостачання. При роботі таких трансформаторів можлива як внутрішня, так і зовнішня установка, тому що їх експлуатаційний режим допускає зовнішню температуру середовища від -60 до +40 градусів Цельсія. Серед найбільш поширених типів масляних трансформаторів можна виділити EcoDryBasic, EcoDry99Plus і EcoDryUltra.

Трансформатори серії АВВ EcoDry (рис. 3.1) мають найнижчий рівень втрат холостого ходу і короткого замикання з усіх серійно випускаються в СНД силових трансформаторів загального призначення і обраний відповідно до рекомендацій Європейського комітету з електротехніки (CENELEC).

Вони також мають знижений рівень звукової потужності. Таким чином, трансформатори цієї серії є енергозберігаючими і малошумними.

Енергозберігаючий трансформатор АВВ EcoDry – продукт швейцарської компанії АВВ – ефективний трансформатор сухого типу. Це екологічно чисті та енергозберігаючі трансформатори, які є найкращим рішенням при заданих експлуатаційних навантаженнях.

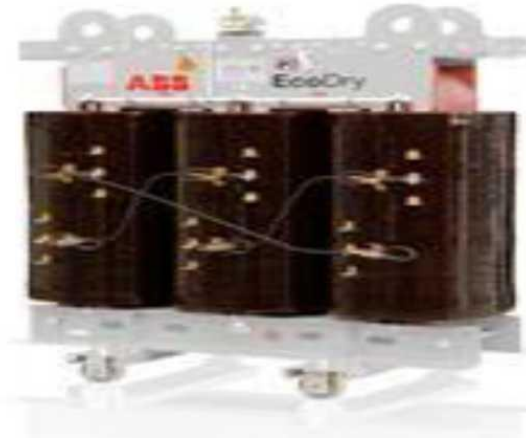


Рис. 3.1. Енергозберігаючий трансформатор швейцарської фірми АВВ типу АВВ EcoDry потужністю 630 кВА

Ці трансформатори можуть використовуватися для зниження або підвищення напруги. Головним чином вони застосовуються на електростанціях, промислових об'єктах або на об'єктах з поновлюваними джерелами енергії. Осердя трансформаторів виконані з аморфного металу або електротехнічної сталі з малими втратами. На рис 3.2 представлений загальний вигляд конструкції енергозберігаючого трансформатора АВВ EcoDry потужністю 630 кВА.

Трансформатор АВВ EcoDry складається з сталевого магнітопроводу, двох розташованих на ньому обмоток (первинної та вторинної). Обмотки АВВ EcoDry виконані з ізолюваного проводу та електрично не пов'язані. До однієї з обмоток подається електрична енергія від джерела змінного струму. Цю обмотку називають первинною. До іншої обмотці трансформатора АВВ EcoDry, що зветься вторинної, підключають споживачів.

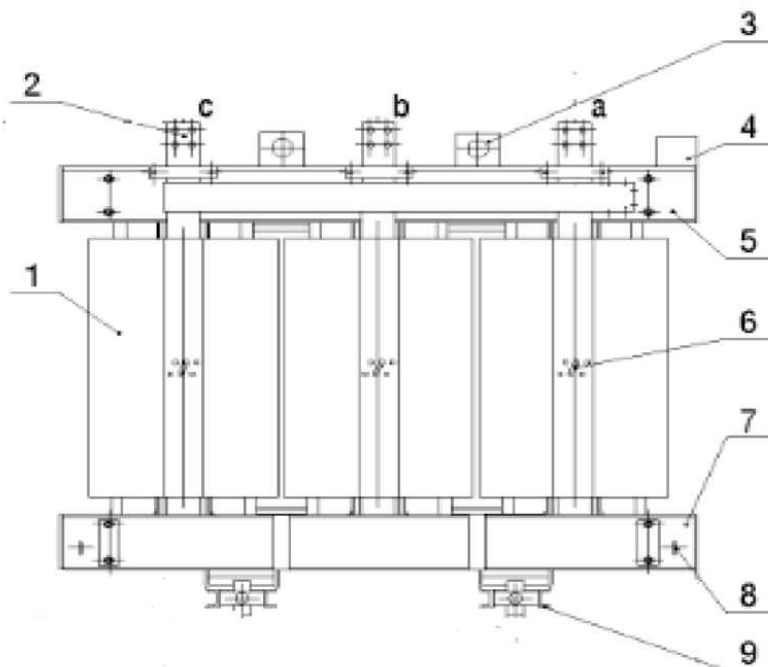


Рис. 3.2 Загальний вигляд енергозберігаючого трансформатора типу АBB EcoDry потужністю 630 кВ*А:

1 – обмотка ВН; 2 – виводи НН; 3 – сержка для підйому трансформатора; 4 – табличка; 5 – верхня ярмова балка; 6 – клєми регулювання напруги; 7 – нижня ярмова балка; 8 – затискач заземлення; 9 – опорна рама; 10 – вивід ВН; 11 – вузол кріплення ВН; 12 – транспортний ролик.

Підбираючи необхідне співвідношення між числом витків первинної і вторинної обмоток енергозберігаючого трансформатора АBB EcoDry, можна збільшувати або зменшувати напругу на приймачі, підключеному до

вторинної обмотки. З огляду на те що втрати потужності у трансформаторі АВВ EcoDry зазвичай малі, можна наближено прийняти, що потужності в первинній та вторинній обмотках однакові. В цьому випадку можна вважати, що струми в обмотках трансформатора АВВ EcoDry приблизно зворотно пропорційні напругам: $I_1/I_2 = U_2/U_1$ або, що струми в обмотках трансформатора зворотно пропорційні числу витків первинної і вторинної обмоток: $I_1/I_2 = W_2/W_1$. Тому в трансформаторах АВВ обмотки вищої напруги виконуються з більш тонких проводів, ніж обмотки нижчої напруги.

Основними частинами конструкції енергозберігаючого трансформатора АВВ EcoDry є:

- магнітна система (магнітопровід);
- обмотки;
- система охолодження.

Сучасні силові трансформатори є такі, що підвищують безпеку, надійність і економічність в системах електропостачання

Дієвим заходом, що підвищує надійність і економічність систем електропостачання, є застосування нового електрообладнання, що відповідає вимогам сучасної енергетики.

В даний час з сухих силових трансформаторів трансформатори типу АВВ EcoDry є найбільш сучасними і досконалими за конструкцією у порівнянні з тими, що випускаються країнами СНД для електричних мереж напругою 6 і 10 кВ. Вони відрізняються високою надійністю і безпекою в роботі.

Енергозберігаючі трансформатори швейцарської фірми АВВ мають наступні переваги:

- герметичне виконання, без розширювача і без повітряної або газової подушки;
- відсутність контакту масла з навколишнім середовищем, що виключає окислення, зволоження і шлакоутворення;
- попередня дегазація масла і заливка його при глибокому вакуумі

збільшують електричну міцність ізоляції;

- не потрібні профілактичні, поточні та капітальні ремонти протягом всього терміну експлуатації трансформаторів (25 років).

- для обмеження тиску в баках при перевантаженнях трансформатори забезпечуються електроконтактним мановакуумметром;

- для регулювання напруги трансформатори забезпечуються перемикачами з автоматичним внутрішнім фіксатором положень і контактами оптимальної форми, що виключає вихід трансформаторів з ладу через КЗ секцій обмоток і підвищує його надійність.

Конструктивні особливості забезпечують стійкість трансформаторів при КЗ.

3.2 Методика розрахунку енергоефективності енергозберігаючих трансформаторів

На даний момент підприємстві встановлені традиційні силові трансформатори типу ТМГ11 потужністю 630 кВА.

Для вибору найбільш доцільного енергозберігаючого трансформатора скористаємося порівняльною характеристикою енергозберігаючих трансформаторів в таблиці 9, яка представлена вище і розраховуємо енергоефективність даних трансформаторів.

Вартість 2-х трансформаторів ТМГ11: Цр ТМГ11 = 2 x 1 315 +400 =
= 2 630 800 гривень.

Вартість 2-х трансформаторів ТМГ12: Цр ТМГ12 = 2 x 1 446 900 =
= 2 893 800 гривень.

Вартість 2-х трансформаторів АВВ EcoDry: ЦрEcoDry = 2 x 1 720 000 =
3 480 000 гривень.

Вартість 2-х трансформаторів Zhongpeg: Црzhongpeg = 2 x 860 000 =

= 1 720 000 гривень.

3.2.1. Розрахунок енергоефективності . Для початку розрахуємо повні вартість трансформаторів кожного із зазначених вище марок енергозберігаючих трансформаторів за весь термін експлуатації і порівняємо їх з існуючими в даний час традиційними силовими трансформаторами:

Тариф за електроенергію з урахуванням ПДВ (12%) становить $T = 1,8$ гривні за 1кВт·год.

Термін експлуатації береться в розмірі $T_{\text{експ}} = 25$ років.

Вартість втрат електроенергії в рік для трансформаторів розраховується за такою формулою:

$$W_{\text{рік}} = T \cdot N \cdot t \cdot (P_{\text{хх}} + k_{\text{зав}}^2 \cdot P_{\text{кз}}),$$

де T – тариф за електроенергію з урахуванням ПДВ (12%) ($T = 1,8$ гривні);

N – кількість днів у році (365 днів); t - кількість годин у добі (24 години);

$P_{\text{хх}}$ – потужність холостого ходу (паспортні дані трансформатора);

$P_{\text{кз}}$ – потужність короткого замикання (паспортні дані трансформатора);

$k_{\text{зав}}$ – коефіцієнт завантаження трансформатора.

Повна вартість трансформаторів ТМГ11 за вказаний термін експлуатації, в гривнях:

$$Ц_{\text{ПОВН}} = Ц_{\text{тр}} + W_{\text{год}} \cdot T_{\text{експ}}, \quad (3.1)$$

де $Ц_{\text{тр}}$ – вартість трансформатора;

$W_{\text{год}}$ – вартість втрат електроенергії за рік;

$T_{\text{експ}}$ – термін експлуатації трансформаторів (приблизно 25 років).

Таблиця 3.2

Розрахунок ефективності трансформаторів двох типів: традиційного та енергозберігаючого

	Традиційний	Енергозберігаючий
Показник	ТМГ11 630кВА	ТМГ12 630кВА
Ціна придбання, грн.	219233,3	241150,0
Втрати холостого ходу (P_{xx}), кВт	1,06	0,80
Втрати короткого замикання ($P_{кз}$), кВт	7,45	6,75
Тариф на електроенергію, грн. / кВт·год із ПДВ	15,16	
Коефіцієнт завантаження	0,7	
Термін експлуатації трансформатора,	25	
Втрати електроенергії за рік, кВт·год	625 561,94	545 482,57
Вартість втрат електроенергії за вказаний термін експлуатації, гривень	2174982	1967960
Вигода за весь термін експлуатації, грн.	207022	
Вигода за весь термін експлуатації, кВт·год	132057,00	
Річна вигода, грн	8280,88	
Річна вигода, кВт·год	5282,28	
Термін окупності різниці у ціні, років	3,78	

Вигода за весь термін експлуатації (гривень) розраховується з різниці повної вартості спочатку встановленого на підприємстві силового трансформатора (в нашому випадку ТМГ11), який прослужив повний термін експлуатації (25 років) і повної вартості енергозберігаючого трансформатора, який ми хочемо встановити в цілях енергозбереження:

$$\Pi_{\text{виг}} = \Pi_{\text{повн.тмг11}} - \Pi_{\text{повненергозберег. тр-ра}}, \quad (3.2)$$

де $\Pi_{\text{повн.тмг11}}$ – повна ціна силового трансформатора, що встановлений спочатку;

$\Pi_{\text{повненергозберег. тр-ра}}$ – повна вартість енергозберігаючого трансформатора.

Вигода за весь термін експлуатації (кВт· год) розраховується з різниці вартості втрат електроенергії в рік силового трансформатора, що спочатку встановлений на підприємстві (у нашому випадку ТМГ11) і вартості втрат електроенергії за рік енергозберігаючого трансформатора, який ми хочемо встановити, у цілях енергозбереження за весь термін експлуатації в період 25 років:

$$\Sigma P_{\text{виг}} = T_{\text{експ}} \cdot (W_{\text{рік ТМГ11}} - W_{\text{рік енергозберег.тр-ра}}) / T, \quad (3.3)$$

де $T_{\text{експ}}$ – термін експлуатації трансформатора (25 років);

$W_{\text{рік ТМГ11}}$ – вартість втрат електроенергії в рік спочатку встановленого силового трансформатора;

$W_{\text{рік енергозберег.тр-ра}}$ – вартості втрат електроенергії в рік енергозберігаючого трансформатора;

T – тариф за електроенергію з урахуванням ПДВ (12%) ($T = 1,75$ гривень).

Річна вигода (в гривнях) обчислюється таким чином:

$$\Pi_{\text{виг рік}} = \Pi_{\text{виг}} / T_{\text{експ}}, \quad (3.4)$$

де $\Pi_{\text{виг}}$ – вигода за весь термін експлуатації (гривень);

$T_{\text{експ}}$ – термін експлуатації трансформатора (25 років).

Річна вигода (у кВт·год) розраховується за формулою:

$$\Sigma P_{\text{виг рік}} = \Sigma P_{\text{виг}} / T_{\text{експ}}, \quad (3.5)$$

де $\Sigma P_{\text{виг}}$ – вигода за весь термін експлуатації (кВт·год);

$T_{\text{експ}}$ – термін експлуатації трансформатора (25 років).

Формула терміну окупності 2-х енергозберігаючих трансформаторів надана нижче:

$$T_{\text{окуп}} = (\text{Ц}_{\text{тр енергосберег. тр-ра}} - \text{Ц}_{\text{тр ТМГ11}}) / \text{Ц}_{\text{виг рік}}, \quad (3.5)$$

де $\text{Ц}_{\text{тр енергосберег. тр-ра}}$ – вартість енергозберігаючого трансформатора;

$\text{Ц}_{\text{тр ТМГ11}}$ – вартість спочатку встановленого на підприємстві силового трансформатора;

$\text{Ц}_{\text{виг рік}}$ – річна вигода в гривнях.

Послугуючись формулами 3.1–3.5, зробимо розрахунок енергоефективності кожного 4-х зазначених вище енергозберігаючих трансформаторів і побудуємо графіки для здійснення вибору найбільш оптимального енергозберігаючого трансформатора.

Вартість втрат електроенергії в рік для трансформаторів ТМГ11, кВт:

$$W_{\text{годТМГ11}} = 15,16 \cdot 365 \cdot 24 \cdot (1,06 + 0,72 \cdot 7,45) = 625\,561,94 \text{ кВт}.$$

Повна вартість трансформаторів ТМГ11 за вказаний термін експлуатації, гривень:

$$\text{Ц}_{\text{повн ТМГ11}} = 2\,630\,800 + 625\,561,94 \cdot 25 = 18\,269\,84,8 \text{ грн.}$$

3.3 Розрахунок енергоефективності енергозберігаючого трансформатора АВВ EcoDry потужністю 630 кВА

Зробимо розрахунок енергоефективності для трансформаторів шведської - швейцарської марки АВВ типу EcoDry потужністю 630 кВА.

Вартість втрат електроенергії в рік для трансформаторів АВВ EcoDry, кВт·год:

$$W_{\text{год АВВ EcoDry}} = 15,16 \cdot 365 \cdot 24 \cdot (1,15 + 0,72 \cdot 5,1) = 484\,593,04 \text{ кВт}\cdot\text{год.}$$

Повна вартість трансформаторів АВВ EcoDry за вказаний термін експлуатації, грн.:

$$C_{\text{повн АВВ EcoDry}} = 3\,480\,000 + 484\,593,04 \cdot 25 = 15\,594\,825,6 \text{ грн.}$$

Вигода за весь термін експлуатації, гривні:

$$C_{\text{виг}} = 18\,269\,848,42 - 15\,594\,825,96 = 2\,675\,022,46 \text{ грн.}$$

Вигода за весь термін експлуатації, кВт·год:

$$\Sigma P_{\text{виг}} = 25 \cdot (625\,561,94 - 484\,593,04) / 15,16 = 232\,468,50 \text{ кВт}\cdot\text{год.}$$

Річна вигода, гривні:

$$C_{\text{виг рік}} = 2\,675\,022,46 / 25 = 107\,000,98 \text{ грн.}$$

Річна вигода, кВт·год:

$$\Sigma P_{\text{виг рік}} = 232\,468,50 / 25 = 9\,298,74 \text{ кВт}\cdot\text{год.}$$

Термін окупності 2 трансформаторів АВВ EcoDry:

$$T_{\text{окуп}} = (3\,480\,000 - 2\,630\,800) / 107\,000 = 7,94 \text{ року.}$$

Нижче надані дві порівняльні характеристики, представлені на рис. 3.3 і 3.4, на яких показані вартість втрат електричної енергії в рік (в грн.), і повна вартість за весь термін експлуатації (за ГОСТом – 25 років) енергозберігаючих трансформаторів марки АВВ типу EcoDry потужністю 630 кВА порівняно з існуючими на даному підприємстві традиційних

силових типу ТМГ11 цієї ж потужності.

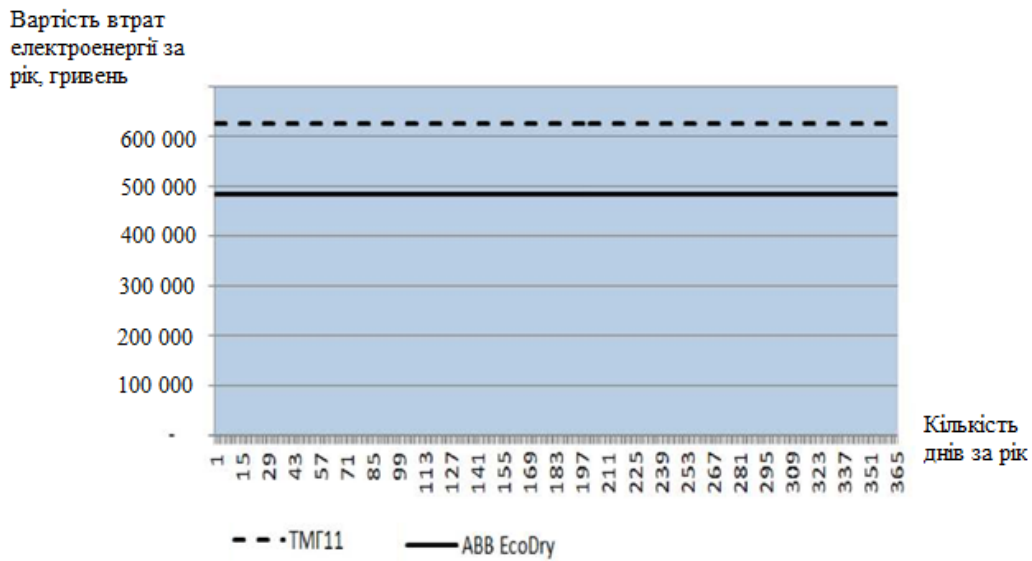


Рис. 3.3. Порівняльні характеристики вартості втрат електроенергії в рік двох типів трансформаторів традиційних (ТМГ11) і енергозберігаючих (ABB EcoDry)

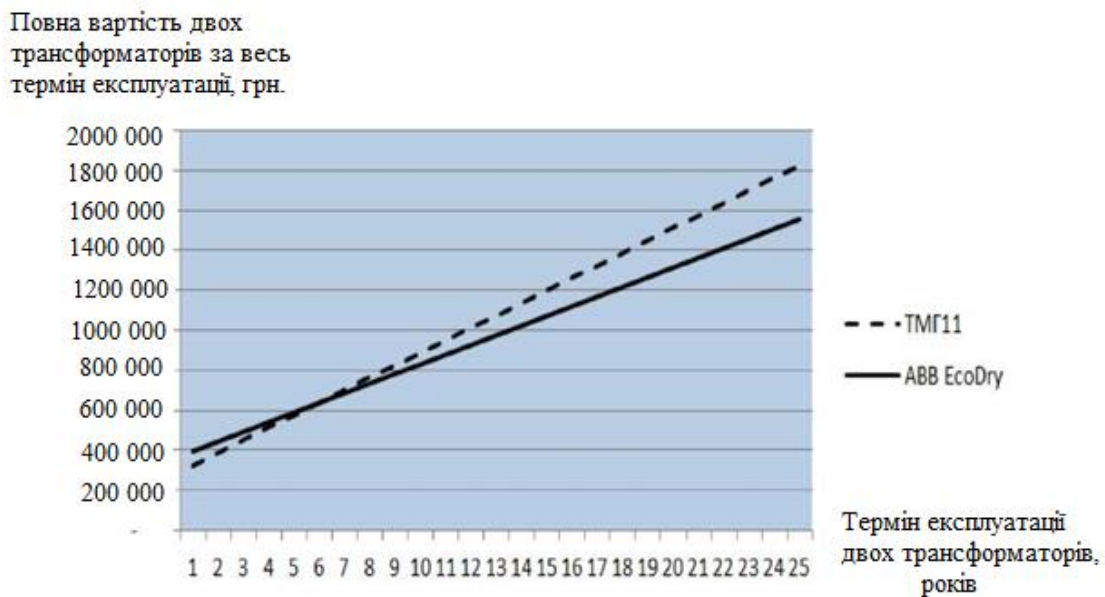


Рис. 3.4. Порівняльні характеристики повної вартості двох типів трансформаторів традиційних (ТМГ11) і енергозберігаючих (ABB EcoDry) за

весь термін експлуатації (25 років)

На рис.3.5 представлені графіки вигоди потужності від споживаної електроенергії, а також вигоди в грошовому еквіваленті за весь термін експлуатації.

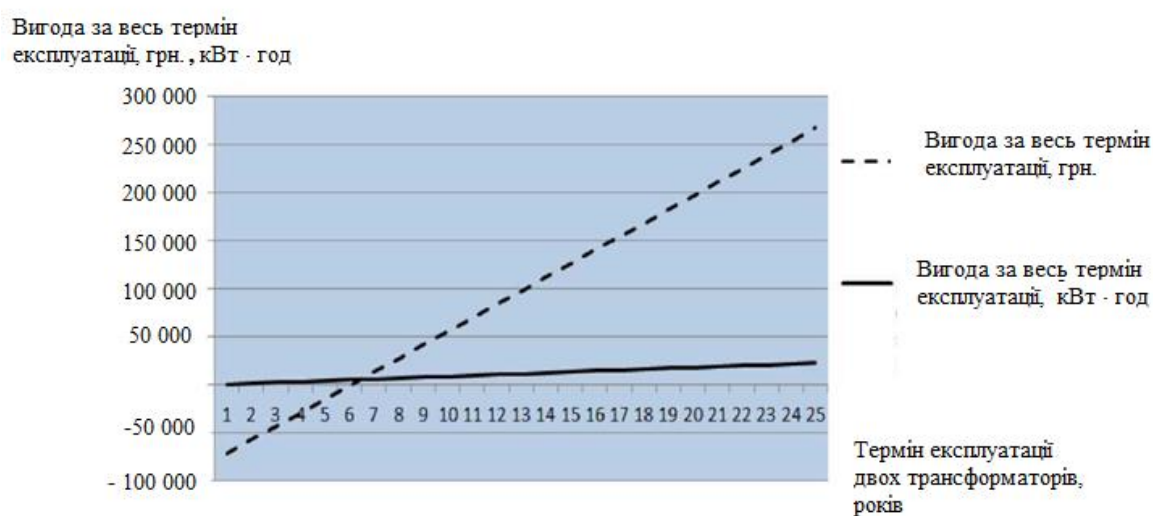


Рис. 3.5 Графіки вигоди двох трансформаторів типу АВВ EcoDry від споживаної потужності і в грошовому еквіваленті за весь термін експлуатації (25 років)

3.4 Розрахунок енергоефективності енергозберігаючого трансформатора Zhongreg потужністю 630 кВА

Зробимо розрахунок енергоефективності для трансформаторів китайської марки Zhongreg потужністю 630 кВА.

Вартість втрат електроенергії в рік для трансформаторів Zhongreg, кВт:

$$W_{\text{годZhongreg}} = 15,16 \cdot 365 \cdot 24 \cdot (1,3 + 0,72 \cdot 6,9) = 621\,64,4 \text{ кВт}.$$

Повна вартість трансформаторів Zhongreg за вказаний термін експлуатації, грн:

$$Ц_{\text{полнZhongreg}} = 1\,720\,00,0 + 621\,64,4 \cdot 25 = 1726110,7 \text{ грн}.$$

Вигода за весь термін експлуатації, гривні:

$$Ц_{\text{виг}} = 18\,269\,84,8 - 17\,261\,10,7 = 1\,008\,74,1 \text{ грн}.$$

Вигода за весь термін експлуатації, кВт·год:

$$\Sigma P_{\text{виг}} = 25 \cdot (625\,561,94 - 621\,644,29) / 15,16 = 6\,460,50 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

$$Ц_{\text{виг}} \cdot \text{год} = 1\,008\,74,1 / 25 = 40\,349,65 \text{ грн}.$$

Річна вигода, кВт·год:

$$\Sigma P_{\text{виг рік}} = \Sigma P_{\text{виг}} / T_{\text{експ}} = 6\,460,50 / 25 = 258,42 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Термін окупності 2 трансформаторів Zhongreg:

$$T_{\text{окуп}} = (1\,720\,000 - 2\,630\,800) / 40\,349,65 = 22,57 \text{ року}.$$

Нижче надані дві порівняльні характеристики, представлені на рис.3.4 і 3.5, на яких показані вартість втрат електричної енергії в рік, в гривнях, і повна вартість за весь термін експлуатації (за ГОСТом– 25 років) енергозберігаючих трансформаторів марки Zhongreg потужністю 630 кВА в порівнянні з існуючими на даному підприємстві традиційних силових типу ТМГ11 цієї ж потужності.

На рис. 3.6 представлені графіки вигоди потужності від споживаної електроенергії, а також вигоди в грошовому еквіваленті за весь термін експлуатації.

3.5 Розрахунок енергоефективності енергозберігаючого трансформатора ТМГ12 потужністю 630 кВА виробництва ПАТ “УКРЕЛЕКТРОАПАРАТ”

Виконаємо розрахунок енергоефективності для трансформаторів марки ТМГ12 потужністю 630 кВА виробництва ПАТ “УКРЕЛЕКТРОАПАРАТ”.

Вартість втрат електроенергії в рік для трансформаторів ТМГ 12:

$$W_{\text{год ТМГ12}} = 15,16 \cdot 365 \cdot 24 \cdot (0,8 + 0,72 \cdot 6,75) = 545\,482,57 \text{ кВт}$$

Повна вартість трансформаторів ТМГ12 за вказаний термін експлуатації, гривні:

$$C_{\text{полн ТМГ12}} = 2\,893\,80,0 + 545\,482,57 \cdot 25 = 16\,530\,864,30 \text{ грн.}$$

Вигода за весь термін експлуатації, гривні:

$$C_{\text{выг}} = 18\,269\,848,42 - 16\,530\,864,30 = 1\,738\,984,12 \text{ грн.}$$

Вигода за весь термін експлуатації, кВт·год:

$$\Sigma P_{\text{выг}} = 25 \cdot (625\,561,94 - 545\,482,57) / 15,16 = 132\,057,00 \text{ кВт·час, грн.:}$$

$$C_{\text{выг} \cdot \text{год}} = 1\,738\,984,12 / 25 = 69\,559,36 \text{ грн.}$$

Річна вигода, кВт·час:

$$\Sigma P_{\text{выг рік}} = 132\,057,00 / 25 = 5\,282,28 \text{ кВт·час}$$

Термін окупності 2 трансформаторів ТМГ 12:

$$T_{\text{окуп}} = (2\,893\,80,0 - 2\,630\,80,0) / 69\,55,9 = 3,78 \text{ роки.}$$

Повна вартість двох трансформаторів за весь термін експлуатації, гривень

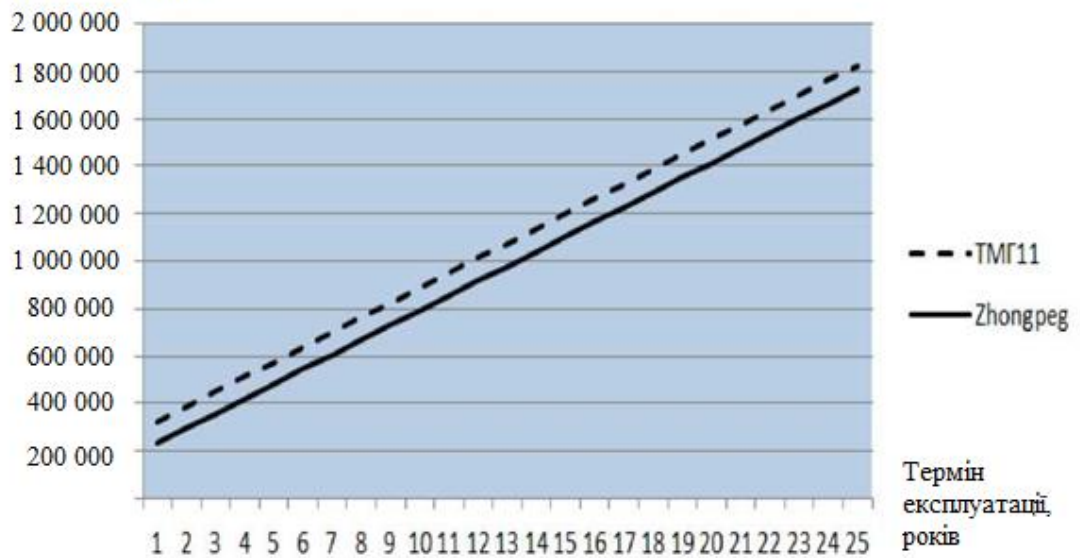


Рис. 3.6. Порівняльні характеристики вартості втрат електроенергії в рік двох типів трансформаторів традиційних (TMГ11) і енергозберігаючих (Zhongpeg)

Повна вартість двох
трансформаторів за весь
термін експлуатації, гривень

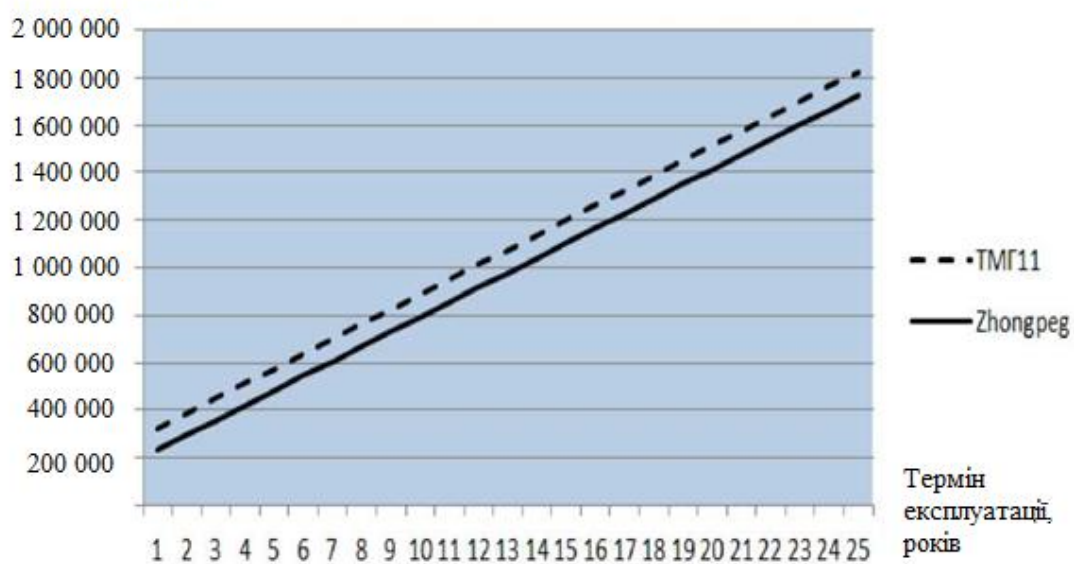


Рис. 3.7 Порівняльні характеристики повної вартості двох типів трансформаторів традиційних (TMГ11) і енергозберігаючих (Zhongpeg) за весь термін експлуатації (25 років)

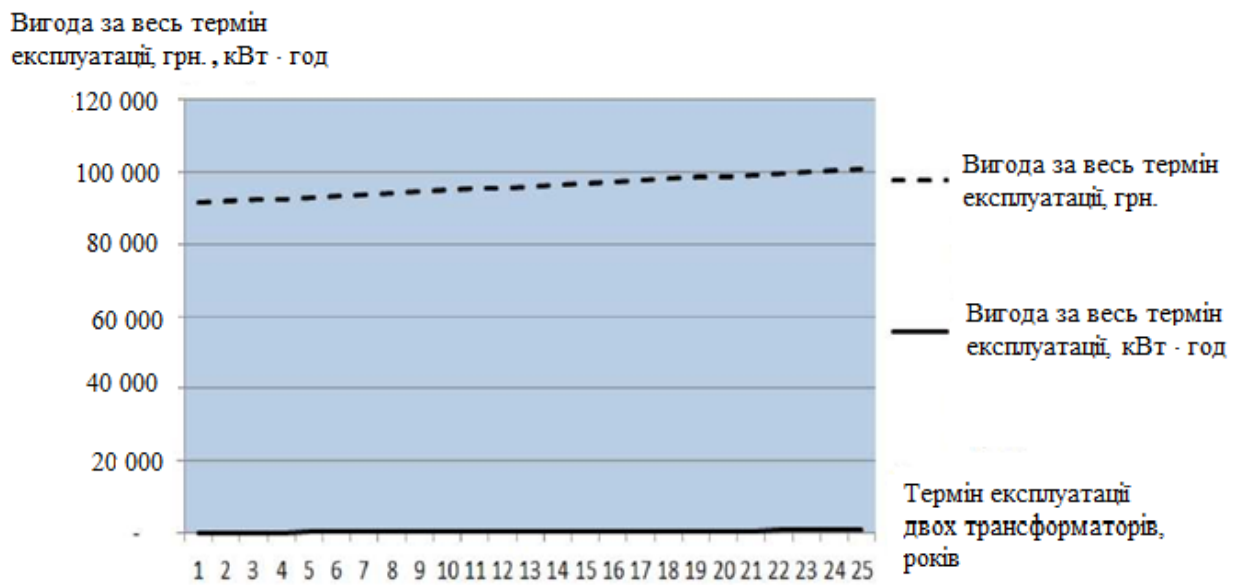


Рис. 3.8 Графіки вигоди двох трансформаторів типу Zhongreg від споживаної потужності і в грошовому еквіваленті за весь термін експлуатації (25 років)

Нижче представлені дві порівняльні характеристики (рис. 3.9 і 3.10), на яких показані вартість втрат електричної енергії в рік, в гривнях, і повна вартість за весь термін експлуатації енергозберігаючих трансформаторів марки ТМГ12 потужністю 630 кВА у порівнянні з існуючими на даному підприємстві традиційними силовими типу ТМГ11 цієї ж потужності.

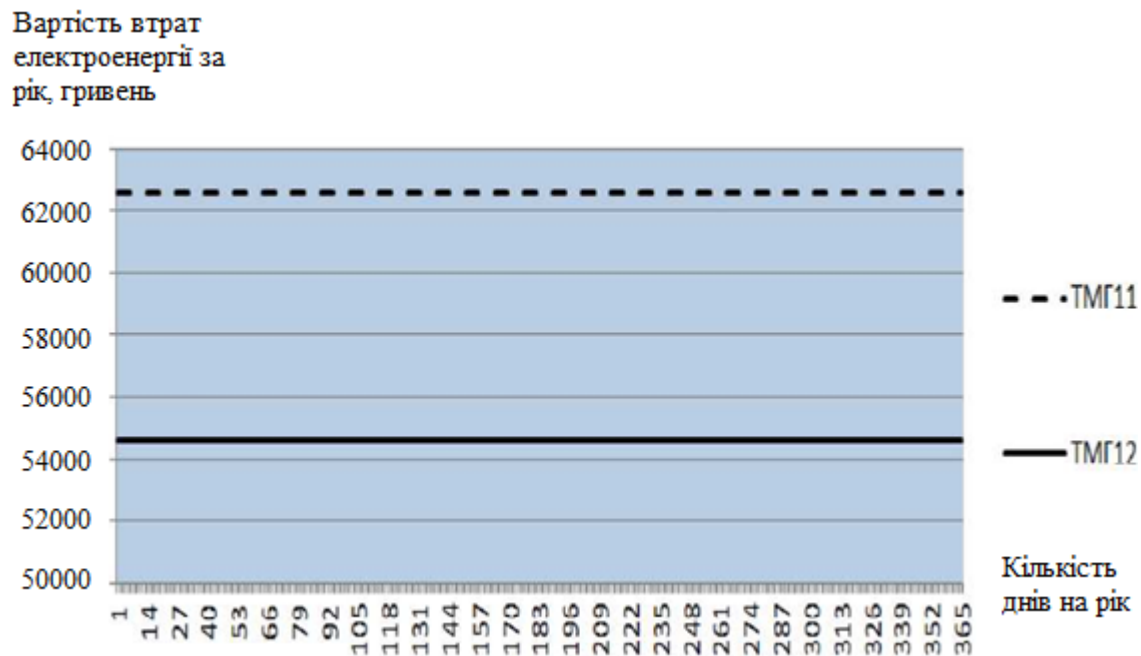


Рис. 3.9. Порівнювальні характеристики вартості втрат електроенергії на рік трансформаторів ТМГ11 та енергозберігаючих ТМГ 12

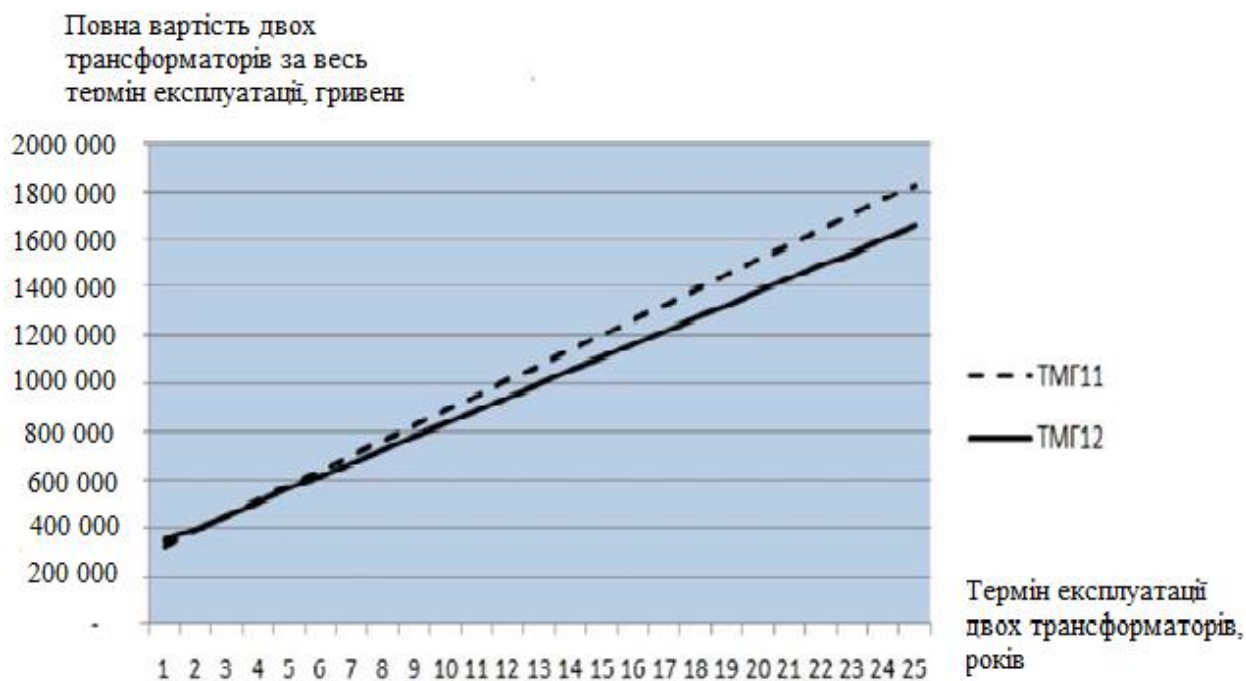


Рис. 3.10. Порівняльні характеристики повної вартості двох типів трансформаторів традиційних (ТМГ11) і енергозберігаючих (ТМГ12) за весь термін експлуатації (25 років)

На рис. 3.11 представлені графіки вигоди для потужності від споживаної електроенергії, а також вигоди в грошовому еквіваленті за весь термін експлуатації. Це доводить, що трансформатори типу ТМГ12 є енергозберігаючими і швидко окупаються.

Виходячи з розрахунку енергоефективності, представленого вище, складається порівняльна таблиця отриманих параметрів всіх розглянутих трьох типів енергозберігаючих трансформаторів, представлена в таблиці 13 сухого трансформатора типу ABB EcoDry потужністю 630кВА виробництва Швейцарія, сухого трансформатора типу Zhongreg потужністю 630кВА виробництва Китай та масляного трансформатора типу ТМГ12 потужністю 630кВА виробництва ПАТ «Укрелектроапарат».

З табл. 3.3 видно, що, незважаючи на те, що енергозберігаючі трансформатори швейцарської фірми ABB марки EcoDry потужністю 630кВА є найдорожчим з усіх, за вартістю втрат він нижчий, а по вигоді набагато кращий за інших.

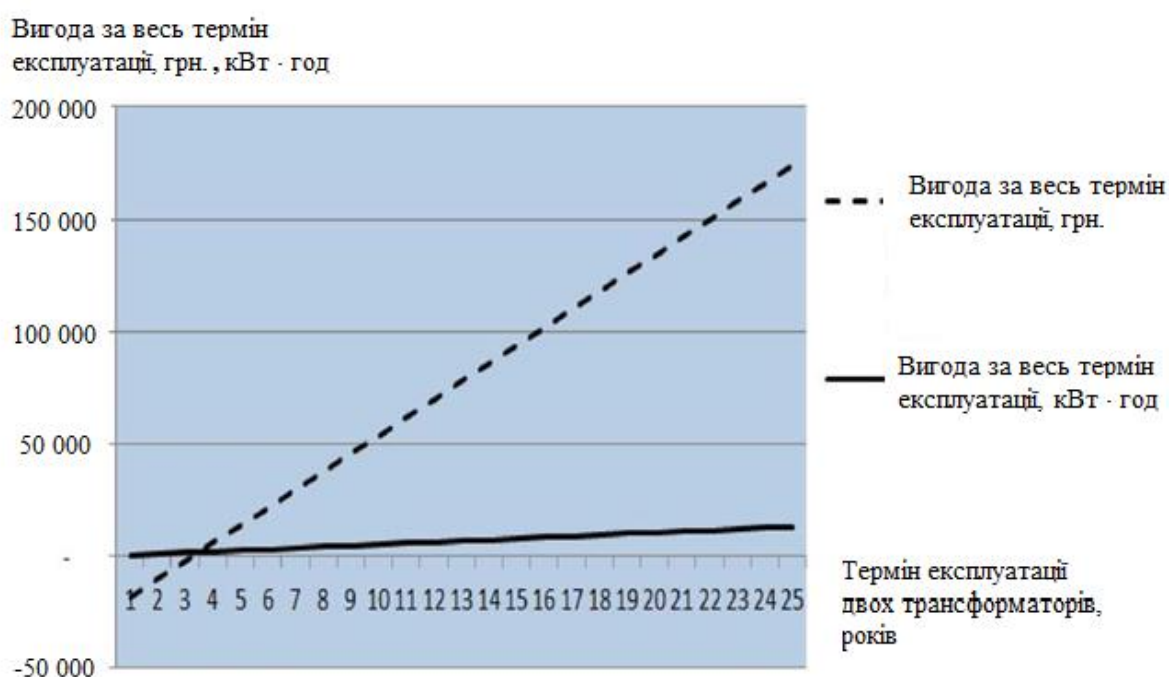


Рис. 3.11. Графіки вигоди двох трансформаторів типу ТМГ12 від споживаної потужності і в грошовому еквіваленті за весь термін експлуатації

Таблиця 3.3

Порівняльна таблиця параметрів енергозберігаючих трансформаторів виходячи з розрахунку енергоефективності

Тип енергозберігаючого трансформатора	ABB EcoDry (Швейцарія)	Zhongpeng (КНР)	ТМГ12 (Україна)
Параметри			
Вартість двох трансформаторів, гривні	348000	172000	289300
Втрати електроенергії за рік, кВт·год	484 59,3	621 64,4	54548,2
Повна вартість трансформаторів за весь термін експлуатації (25 років), гривні	15594 82,6	17 26110,7	1653086,4
Економія електроенергії за весь термін експлуатації (25 років), кВт·год	232 468,50	6 460,50	132 057,0
Вигода за весь термін експлуатації (25 років), гривні	267502,2	100874,1	173898,4
Річна економія електроенергії, кВт·год	9298,74	258,42	5282,28
Річна економія, гривні	10700,1	4034,9	6955,9
Термін окупності, років	7,94	22,57	3,78

ВИСНОВКИ

1. Застосування енергозберігаючих трансформаторів на промисловому підприємстві дозволяє заощаджувати споживану електроенергію, що забезпечує можливість установки та підключення додатково різних верстатів, установок. Такі заходи уможливають подальшого підвищення кількості вироблюваної продукції.

2. Основні причини, які змусили розвинені країни серйозно взятися в останні роки за вирішення проблеми енергозбереження, такі:

- обмеженість і конечність викопної сировини: нафта, вугілля, газ, уран, тощо;
- зростаючий світовий попит на енергію за рахунок постійного зростання економіки, промисловості та добробуту населення;
- глобальні зміни клімату через збільшення емісії парникових газів;
- непередбачувані коливання цін на вуглеводи;
- активна "атомафобія" у багатьох країнах Західної Європи і боротьба "зелених" проти атомної енергетики, ще більш загострилися після землетрусу в Японії і аварії на АЕС Фукусіма в березні 2011 року.

3. В сучасних умовах зниження витрат на виробництво і експлуатацію розподільних трансформаторів – основне завдання виробників, для вирішення якої необхідно, перш за все, використовувати в них сучасні конструкції магнітопроводів [19].

Найбільш перспективний шлях – це організація виробництва магнітопроводів розподільних трансформаторів з аморфних (нанокристалічних) сплавів [19-27].

4. Застосування магнітопроводів з нанокристалічних сплавів, в розподільчих трансформаторах, забезпечує істотне, більш ніж п'ятикратне

зниження втрат холостого ходу в порівнянні з традиційними трансформаторами із магнітопроводами, що виготовлені з електротехнічної сталі

У процесі дослідження в магістерській роботі використовувалися статистичні матеріали, а також розрахунки та дані навантажень промислового підприємства, розрахована й проаналізована енергоефективність на даному промисловому підприємстві від впроваджених енергозберігаючих заходів.

5. В роботі теоретично обґрунтовано об'єктивну необхідність розвитку енергозбереження на промислових підприємствах за рахунок застосування енергозберігаючих трансформаторів, зроблено вибір енергозберігаючих трансформаторів для енергопостачання підприємства харчової промисловості.

6. Розрахунки енергоефективності показують, що найбільш оптимальним і рекомендованим при реконструкції підприємства харчової промисловості є вибір енергозберігаючого трансформатора швейцарської фірми АВВ типу EcoDry потужністю 630кВА. Річна вигода від споживаної потужності становить 9 298,74 кВт·год, а вигода у грошовому еквіваленті в рік дорівнює 107 00,1 гривні. Термін окупності двох таких трансформаторів АВВ EcoDry складе близько 8 років.

ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРНИХ ПОСИЛАНЬ

1. Калюжний Д. М. Конспект лекцій з курсу «Електропостачання та електрозбереження» для студентів 4 курсу денної та заочної форм навчання за напрямом підготовки 6.050701 – Електротехніка та електротехнології та слухачів другої вищої освіти зі спеціальності 141 [підруч] / Д. М. Калюжний, А. О. Карюк, І. Є. Щербак – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2016. – 124 с.

2. Энергосбережение и энергоэффективность. Почему и как все это начиналось. Газета «Строительный эксперт», № 09-10, май 2011 г. [електронний ресурс] / Спиридонова А. В. – Режим доступу до ресурсу: <http://portal-energo.ru/articles/details/id/586>

3. «Энергосбережение в Европе: применение энергоэффективных распределительных трансформаторов», журнал «Энергосбережение», № 4 2003 г., № 1, 2004 г. [електронний ресурс] / Перевод с английского Е. В. Мельниковой. – Режим доступу до журн.: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=2281

4. Бобылев С. Н. Экономика природопользования [учебн] / С. Н. Бобылев, А. Ш. Ходжаев. – М.:НФПК, 2003. – 111 с.

5. Севастьянов Р. В. Проблемы та перспективи енергозбереження на промислових підприємствах / Р. В. Севастьянов // Теоретичні і практичні аспекти економіки та інтелектуальної власності. – 2013 Випуск 1, Т. 2 . – С. 107 – 110.

6. Ковалко М. П. Энергозбереження – досвід, проблеми, перспективи. / М. П. Ковалко. – К.: Ін-т електродинаміки НАНУ, 1997. – 152 с.

7. Ковалко М. П. Проблеми енергозбереження в Україні / М. П. Ковалко, І. М. Карп. // Екотехнології та ресурсосбереження в Україні. – 1995. - № 6. – С. 3–8.

8. Ковалко М. П. Енергозбереження – пріоритетний напрям державної політики України / М. П. Ковалко, С. П. Денисюк. – К. УЕЗ, 1998. – 506 с.

9. Управління енерговикористанням: проблеми, завдання та методи вирішення. Управління енерговикористанням/ за ред. проф.

А. В. Праховника. – К. : Альянс за збереження енергії, 2001. – С. 169-191.

10. Микитенко В. В. Енергоефективність промислового виробництва : монографія / В. В. Микитенко. – К. : Об'єднаний ін-т економіки НАН України, 2004. – 282 с.

11. Пріоритетні напрямки та обсяги енергозбереження. ДП НАЕК «ЕНЕРГОАТОМ» [електронний ресурс] / – Режим доступу до ресурсу: http://www.energoatom.kiev.ua/ua/about/strategy/energy_saving

12. Стратегія сталого розвитку України на період до 2030 року. Кабінет міністрів України розпорядження від 24 липня 2017 р., Київ. Про схвалення енергетичної стратегії України на період до 2030 року. [електронний ресурс] / – Режим доступу до ресурсу: <https://igu.org.ua/sites/default/files>

13. ЗАКОН УКРАЇНИ Про енергозбереження (Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1994, N 30, ст.283 [електронний ресурс] / – Режим доступу до ресурсу: http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/KR131071.html , /Із змінами, внесеними згідно із Законами /

N 783-XIV (783-14) від 30.06.99, ВВР, 1999, N 34, ст.274

N 2509-IV (2509-15) від 05.04.2005, ВВР, 2005, N 20, ст.278

N 3260-IV (3260-15) від 22.12.2005, ВВР, 2006, N 15, ст.126

N 3421-IV (3421-15) від 09.02.2006, ВВР, 2006, N 22, ст.199

N 760-V (760-16) від 16.03.2007, ВВР, 2007, N 23, ст.301

N 1026-V (1026-16) від 16.05.2007, ВВР, 2007, N 34, ст.444

N 3038-VI (3038-17) від 17.02.2011, ВВР, 2011, N 34, ст.343

N 4318-VI (4318-17) від 12.01.2012, ВВР, 2012, N 39, ст.464

N 4845-VI (4845-17) від 24.05.2012, ВВР, 2013, N 16, ст.138

N 5463-VI (5463-17) від 16.10.2012, ВВР, 2014, N 4, ст.61

N 327-VIII (327-19) від 09.04.2015, ВВР, 2015, N 26, ст.220

N 2095-VIII (2095-19) від 08.06.2017, ВВР, 2017, N 32, ст.344 }

14. План розвитку ОЕС України на 2017 – 2026 pp.[електронний ресурс] /Режим доступу до ресурсу: <https://www.google.com/search?newwindow=1&client=firefox>

15. Системы мониторинга силових трансформаторов [електронний ресурс] / Режим доступу до ресурсу: <https://ua.energy/wp-content/uploads/2016/12/Proekt-Planu-rozvytku-OES-Ukrayiny-na-2017-2026-roku.pdf>

16. Рассальский А. Н. Система мониторинга и управления силовых трансформаторов / А. Н. Рассальский // *Электротехника і електромеханіка*. – 2005. – № 2. – С. 46–50.

17. Перспективы и состояние разработок распределительных трансформаторов массовых серий. Бормосов В.А., Костоусова М.Н., Петренко А. Ф., Смольская Н.Е. [електронний ресурс] / – Режим доступу до ресурсу: [http://www.transform.ru/sst/\\$articles/a000001.htm](http://www.transform.ru/sst/$articles/a000001.htm)

18. Хавроничев С.В. Современные тенденции применения аморфных сплавов в магнітопроводах силовых трансформаторов / С.В. Хавроничев , А.Г., Сошинов В.С., Т.В. Галушак // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. –2015. – № 12-4. – С. 607-610;

19. Карасев В.В. Электромагнитные характеристики нового нанокристаллического сплава 5БДСР и возможности его применения в электромагнитных устройствах / В.В. Карасев, В.А. Макаров , А.Е. Филиппов, В.В. Маркин // *Электротехника*. – 1994. –№ 4. – С. 51–55.

20. Энергосбережение в Европе: применение энергоэффективных распределительных трансформаторов. Публикация Европейского института меди. Проект № STR -1678-98-ВЕ. // *Энергосбережение*. – 2003.

21. Шпак А. П. Інститут металофізики ім. Г. В. Курдюмова НАН України, Київ /А. П. Шпак, В. В. Маслов, В. К. Носенко. // Наука та інновації.–2005. –Т 1.№ 3.–С. 92–111.
22. Кравченко А. Сухие энергосберегающие трансформаторы. А. Кравченко, В Метельский: [електронний ресурс] / Режим доступу до ресурсу: <http://www.electrician.com.ua/posts/1198>
23. ПАТ «Укрелектроапарат» Силові трансформатори, жовтень 2013:[електронний ресурс] / Режим доступу до ресурсу: http://uea.com.ua/uploads/files/1453382420_prezentaciya-transformatoriv-2013.pdf
24. Ущатовський К.В. Проблеми оцінки технічного стану основних засобів ДП «УКРЕНЕРГО»: причини, наслідки, шляхи розв'язання / К. В. Ущатовський. // Європейський вектор економічного розвитку.Економічні науки. – 2014.–№ 2 (17) –С. 250–260
25. Василега П. О. Електропостачання [навч. посібник] / П. О. Василега. – Суми: ВТД «Університетська книга», 2008. – 415 с.
26. Мілих В.І. Електропостачання промислових підприємств : для студентів електромеханічних спеціальностей [підручн] / В. І. Мілих, Т.П. Павленко. – Харків : ФОП Панов, 2016. – 272 с.
27. Харченко В. Ф.Електропостачання міст і промислових підприємств. Конспект лекцій для студентів 4-5 курсів денної і заочної форм навчання напряму підготовки 0906 „Електротехніка” [навч. посібник] / В.Ф. Харченко; Харків: ХНАМГ, 2011. – 168 с.
28. Коменда Т.І. Електропостачальні системи та їх проектування. Конспект лекцій для студентів спеціальності 141–Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка [навч. посібник] / уклад. Т.І. Коменда., Н.В. Коменда. – Луцьк: ЛНТУ, 2016. – 190 с.
29. Сегеда М. С. Проектування структурних схем електростанцій та підстанцій: навч. посіб. / М. С. Сегеда, В. Г. Гапанович, В. П. Олійник, К. Б. Покровський. – Львів: Вид-во Львівської політехніки, 2010. – 144 с.

30. Справочник по проектированию электроснабжения / под ред. Ю. Г. Барыбина и др. – М.: Энергоатомиздат, 1995. – 575 с.
31. Гриб О. Г. Проектирование систем электроснабжения. Уч. пособие / О. Г. Гриб, А. Л. Ерохин, Г. А. Сендерович, К. А. Старков.– Х.: ХГАГХ, 2002. – 185 с.
32. Гук Ю. Б. Проектирование электрической части станций и подстанций: [Учеб. пособие для вузов] / Ю.Б. Гук, В. В. Кантан, С. С. Петрова. – Л.: Энергоатомиздат, 1985. – 312 с.
33. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення. ДВН В.2.5-23:2010 , Правила улаштування електроустановок. – 5-те вид., переробл. й доповн. - Х ., 2014.
34. Кузнецов В. Г. Методичні рекомендації по проектуванню систем гарантованого електропостачання / В. Г. Кузнецов, С. Д. Федоров, С. В. Облакевич, Е. П. Островський. – К.: ТОВ «Вид-во Аратта», 2005. – 76 с.
35. Рудницький В. Г. Внутрішньозаводське електропостачання. Навчальний посібник / В. Г. Рудницький . – Суми: ВТД "Університетська книга", 2006. – 153 с.
36. Шестеренко В. С. Системи електроспоживання та електропостачання промислових підприємств. Підручник / В. С. Шестеренко. – Вінниця: Нова Книга, 2004. – 656 с.
37. Справочник по электроснабжению промышленных предприятий: Проектирование и расчет / А.С.Овчаренко, М.Л.Рабинович, В.И. Мозырский, Д. И. Розинский. – К.: Техніка, 1985, – 453 с.
38. Неклепаев Б. Н. Электрическая часть электростанций и подстанций: Справочны е материалы для курсового и дипломного проектирования [учебн. пособие] / Б.Н. Неклепаев, И.П. Крючков, В.С. Козулин – М.: Энергоатомиздат, 1989, – 608 с.
39. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию в 2-х томах. Том 1./ под. общей ред. Федорова А.А.. Электроснабжение. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 561 с.

ABSTRACT

Sergij Semenjuk. Study of energy saving implementation for food industry enterprises. VOLODYMYR DAHL EAST UKRAINIAN NATIONAL UNIVERSITY. ELECTRICAL ENGINEERING DEPARTMENT, group ESE-19zm. – Severodonetsk, 2019.

Pages – 81; Drawings – 13; Tables – 14; Sources – 39.

The Master Work contains: The comparative analysis of existing researches on the declared theme, concerning ideology of economy of the electric power is carried out in work. It is proved that in practice a comprehensive approach is needed to successfully solve energy saving problems.

To solve this problem, energy saving measures have been taken during the reconstruction of the food industry enterprise by choosing the optimal design of the energy-saving transformer. The calculation of electrical loads of the food industry is made and the choice of energy-saving transformers is made and the substantiation of this choice is made.

Keywords: ENERGY SAVING, ENERGY EFFICIENCY, ELECTRIC LOAD, ELECTRICITY SUPPLY, SHORT CIRCUIT, NO-LOAD ELECTRICAL NETWORK, ENERGY SAVING TRANSFORMER, RISK ELECTRICALSYSTEM.